



المندوبية السامية للتخطيط
HAUT-COMMISSARIAT AU PLAN

ROYAUME DU MAROC
*_*_*_*_*
HAUT COMMISSARIAT AU PLAN
*_*_*_*_*_*_*_*_*_*
INSTITUT NATIONAL
DE STATISTIQUE ET D'ECONOMIE APPLIQUEE



INSEA

Projet de Fin d'Etudes

**Contrat Capitalisation en Unité de Compte :
Etude de la rentabilité économique**

Préparé par : **Mme Najoua ELBAZOUTI**

Sous la direction de : **M. Fouad EL ABDI (INSEA)**

Mme Zineb ARICHI (AXA Assurance Maroc)

M. Omar BERRADA (AXA Assurance Maroc)

Soutenu publiquement comme exigence partielle en vue de l'obtention du

Diplôme d'Ingénieur d'Etat

Filière :Actuariat-Finance

Devant le jury composé de :

- **M. Fouad EL ABDI (INSEA)**
- **M. Fouad MARRI (INSEA)**
- **M. Omar BERRADA (AXA Assurance Maroc)**

Résumé

Les contrats d'assurance-vie libellés en unités de compte (UC) offrent aux souscripteurs une opportunité précieuse d'associer les avantages de l'assurance-vie avec ceux des marchés financiers. Ce type de produit offre à l'assuré la possibilité d'adjoindre son épargne à une gamme diversifiée de supports d'investissement, dépassant ainsi la limitation du seul fonds général de la compagnie, comme le prévoient les contrats d'assurance-vie classiques. Les contrats en UC mettent en évidence une flexibilité qui favorise des stratégies d'investissement potentiellement plus rentables que celles des contrats traditionnels.

Cependant, pour le souscripteur, la valeur de l'épargne dépend intrinsèquement de la valeur des UC. En effet, ces contrats transfèrent la charge du risque financier à l'assuré, qui subit directement les oscillations des supports d'investissement.

Afin d'atténuer cette exposition aux caprices des marchés financiers et d'augmenter l'attrait de ces contrats, les assureurs les commercialisent sous forme de contrats multisupports. Ceux-ci autorisent une répartition de l'épargne entre un compartiment en dirhams et un autre en UC, tout en offrant des garanties spécifiques en échange d'un capital supplémentaire. De cette façon, le risque est mutuellement partagé entre l'assureur et l'assuré.

Néanmoins, ces garanties nécessitent une analyse de rentabilité approfondie afin de garantir la viabilité du produit. Ainsi, ce mémoire s'investit dans l'élaboration d'un produit en unités de compte. L'objectif est de confirmer sa rentabilité après une année de production, en mettant l'accent sur la garantie spécifique qui confère à ce produit son caractère unique, à savoir la garantie plancher. Cette tâche ne peut être accomplie qu'en calculant divers indicateurs tels que la NBV, TRI et NBM, en se basant sur une projection de passif et d'actif en utilisant des modèles financiers comme modèle de Black and Scholes et modèle de sauts de Merton.

Mots clés : Unité de compte, Garantie Plancher, contrat Multisupport, Black-Scholes, Merton, Rentabilité, NBV .

Abstract

Life insurance contracts expressed in units of account (UC) provide policyholders with a valuable opportunity to combine the benefits of life insurance with those of financial markets. This type of product offers the policyholder the ability to allocate their savings to a diversified range of investment vehicles, going beyond the limitations of the insurer's general fund as seen in traditional life insurance contracts. UC contracts highlight a flexibility that supports potentially more profitable investment strategies compared to traditional contracts.

However, for the policyholder, the value of their savings is inherently tied to the value of the UC. These contracts transfer the financial risk burden to the policyholder, who directly experiences the fluctuations of the investment vehicles.

To mitigate this exposure to market fluctuations and increase the appeal of these contracts, insurers market them as multisupport contracts. These contracts allow for the allocation of savings between a compartment denominated in local currency and another in UC, while offering specific guarantees in exchange for additional capital. This way, the risk is mutually shared between the insurer and the policyholder.

Nevertheless, these guarantees require thorough profitability analysis to ensure the viability of the product. Thus, this thesis focuses on the development of a unit of account product. The objective is to confirm its profitability after one year of implementation, with a particular emphasis on the unique guarantee that defines this product, namely the floor guarantee. This task can only be accomplished by calculating various indicators such as Net Business Value (NBV), Internal Rate of Return (TRI), and New Business Margin (NBM), based on a projection of assets and liabilities using financial models such as the Black-Scholes model and the Merton jump model.

Keywords : Unit of account, Plancher guarantee, Multisupport contract, Black-Scholes, Merton, Profitability, NBV.

Remerciements

Au terme de la rédaction de ce rapport de stage, c'est un devoir agréable d'exprimer en quelques lignes la reconnaissance que je dois à tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à l'élaboration de ce travail, qu'ils trouvent ici mes vifs respects et mon immense reconnaissance.

Je tiens à exprimer ma profonde admiration, mon respect et ma haute considération envers mon encadrant et professeur, Mr. EL Abdi Fouad, qui m'a honoré en acceptant de m'encadrer dans ce projet. Je le remercie pour son soutien indéfectible, sa disponibilité ainsi que ses nombreux encouragements et conseils.

Je souhaite également exprimer ma reconnaissance infinie à Mme. Arichi Zineb, Directrice du département d'actuariat Vie au sein d'AXA Assurance Maroc, pour avoir bien voulu m'accueillir en tant que stagiaire au sein de son équipe et lui a témoigné ma reconnaissance pour cette expérience enrichissante et captivante.

Je saisis cette occasion pour exprimer ma profonde gratitude envers mon encadrant de stage, M. Berrada Omar. Son accompagnement tout au long de cette expérience professionnelle a été inestimable. Je le remercie sincèrement pour son attention constante, son soutien précieux et ses conseils avisés qui m'ont été prodigués pendant toute la durée du stage. Sa patience et sa pédagogie exemplaires ont grandement contribué à mon développement professionnel.

Je tiens à remercier chaleureusement toutes les personnes travaillant AXA Assurance Maroc, et plus particulièrement toute l'équipe actuarielle pour leurs Conseils, tant professionnels que relationnels, depuis le premier jour de mon stage. Leur accueil, leur confiance, leur bonne humeur et leur patience ont rendu ce stage très intéressant.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à Mr. Marri Fouad, d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Mes remerciements vont finalement à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

Je tiens à dédier ce travail :

A mes chers parents,

Pour leurs sacrifices, leur amour inconditionnel et leur éducation qui m'a

fait ce que je suis aujourd'hui

A mon frère Radouane et mes soeurs Fatiha, Karima et Siham

Pour leur encouragement et leur soutien permanent

A la mémoire de mon neveu Adam et ma grande mère

Pour être la motivation qui me pousse à devenir la meilleure version de moi-même, telle qu'ils aimeraient me voir.

A mes amis,

Pour les souvenirs inoubliables qu'on a partagés

A vous,

chers lecteurs.

Table des matières

Résumé et Mots clés	2
Abstract	3
Remerciements	4
Dédicaces	5
Liste des abréviations	9
Liste des tableaux	10
Liste des figures	12
Introduction générale	13
1 Présentation d'organisme d'accueil et du sujet	14
1.1 Présentation de l'organisme d'accueil	14
1.2 Les contrats en unités de compte	17
1.2.1 Assurance vie	17
1.2.2 Les contrats épargne	19
2 La notion de rentabilité et ses différents indicateurs	29
2.1 Introduction à la notion de rentabilité	29

2.2	Les indicateurs de rentabilité	31
2.2.1	New business Value	31
2.2.2	NBV Margin	34
2.2.3	NEW BUSINESS VALUE PROFIT	35
2.2.4	IRR/ TRI taux de rentabilité interne	35
2.2.5	Le compte de résultat	37
2.3	Le modèle de projection	40
2.3.1	Inputs	40
2.3.2	Unité de calcul	40
2.3.3	Outputs :	41
3	Projection d'actifs	42
3.1	Méthode de Monte Carlo	43
3.2	Méthode de Black and scholes	43
3.2.1	Dynamique du sous-jacent	43
3.2.2	Estimation des paramètres du modèle de Black-Scholes	44
3.2.3	Application du modèle de Black and scholes	45
3.3	Modèle de Merton	52
3.3.1	Présentation du modèle	52
3.3.2	Estimation des paramètres	54
3.3.3	Application du modèle de Merton	55
3.4	Construction de la courbe de taux	61
3.4.1	Méthode de Bootstrap	61
3.4.2	Interpolation de la courbe BAM	62
3.4.3	Passage du taux monétaire au taux actuariel	63
3.4.4	Application de la méthode Bootstrapping	64
3.5	Taux Forward	66

4	Modèle de calcul et résultats de rentabilité	67
4.1	Structure générale de l'outil	67
4.1.1	Présentation du Produit :	68
4.2	Construction de l'outil	70
4.2.1	Inputs du modèle	70
4.2.2	Moteur de calcul :	75
4.2.3	Output du modèle :	78
4.3	Stress des résultats	80
	Conclusion	84
	Bibliographie	85
	Webographie	87
	A Réglementation	88
	B Tests appliqués	90

Liste des abréviations

NBV	New Business Value
UC	Unité de compte
IRR	Internal Rate return
TRI	Taux de rentabilité interne
FMSAR	Fédération Marocaine des Sociétés d'Assurances et de Réassurance
OPCVM	Organisme de Placement Collectif en Valeurs Mobilières
SBR	Solvabilité Bbasée sur les risques
TMG	Taux minimum garanti
ECR	Ratio combiné économique
VIF	Value of Inforce
VIF	Value of Inforce
PVFP	Present Value of Future Benefits
COC	Cost of capital
MSR	montant du capital réglementaire
TVOG	Time Value of options and garantie
APE	Annualized Equivalent Premium
NBM	New Business Margin
MSR	Marge de Solvabilité Minimum
BAM	Bank Al-Maghrib
MP	Model Point
NVL	Valeur liquidative
Pb	Participation aux bénéfices

Liste des tableaux

1.1	Présentation simplifié du compte technique pour les deux catégories d'épargne du marché marocain pour l'exercice 2020-ACAPS	23
2.1	Compte de résultat simplifié d'une assurance vie	38
3.1	Estimateurs initiaux du modèle	56
3.2	Méthode de Nelder-Mead	57
3.3	Méthode de BFGS	57
3.4	Méthode de SANN	58
3.5	Comparaison entre les paramètres des modèles	59
3.6	Taux moyens pondérés BAM	62
3.7	Interpolation de la courbe BAM	64
4.1	Prime moyenne pour chaque MP	71

Table des figures

1.1	Principales implantations d'AXA dans le monde	15
1.2	Chiffres clés d'AXA Assurance Maroc	15
1.3	Assurance vie au Maroc	16
1.4	Structure du Chiffre d'Affaires par branche	18
1.5	Evolution des primes émises entre 2020 et 2022	18
1.6	Évolution des primes par branche	20
1.7	Capitalisation en cas de décès et de vie de l'assuré	25
2.1	Démarche d'étude de rentabilité	30
2.2	Projection des Cash-Flows de l'assureur	32
2.3	Décomposition des indicateurs basés sur les résultats statutaires	35
2.4	Évaluation de la performance au biais du IRR/TRI	36
3.1	Evolution de l'indice MASI du 14 mars 2013 au 14 mars 2023	45
3.2	Evolution du rendement journalier du 14 mars 2013 au 14 mars 2023	46
3.3	Test de normalité des rendements logarithmiques MASI	47
3.4	Historique des prix d'indice MASI	47
3.5	Evolution du rendement mensuel d'indice MASI	48
3.6	Test de stationnarité sur les rendements mensuels MASI	48

3.7	Rendement journalier d'indice MASI	49
3.8	Analyses descriptives de l'échantillon, test de stationnarité des rendements	49
3.9	Test de normalité sur les rendements MASI	50
3.10	Rendement QQ Plot des rendements logarithmiques MASI	50
3.11	Densité des rendements de l'indice MASI	56
3.12	Densité de la distribution des rendements initiaux et celle estimée à l'aide de la méthode des cumulants	57
3.13	Densité des méthodes	58
3.14	Simulation par modèle de Merton	60
3.15	Courbe zéro-coupon d'une année à trente ans	65
4.1	Modalités de versements	69
4.2	Hypothèses générales pour la projection	74
4.3	Indicateurs du modèle	78
4.4	CoC du modèle	79
4.5	Rentabilité du projet basée sur la NBV	79
4.6	Choc du risque de mortalité	80
4.7	Choc basé sur le risque de longévité	80
4.8	Choc basé sur la hausse de taux	81
4.9	Choc basé sur la baisse de taux	81
4.10	Choc basé sur la hausse du nombre de rachat	81
4.11	Choc basé sur la baisse du nombre de rachat	82
4.12	Résultats du choc pour les fonds en valeur	82
4.13	Résultats du choc pour le fond en Unité de compte	82
4.14	Résultats du choc pour les frais d'acquisition	82
4.15	Résultats du choc appliqué au taux de pénétration	83

Introduction générale

Le présent mémoire se propose d'examiner rigoureusement la gestion des contrats exprimés en unités de compte dans le secteur de l'assurance, tout en mettant un accent prononcé sur la rentabilité et les indicateurs correspondants. Il s'ouvre sur une présentation de l'entité d'accueil et du sujet de recherche, en soulignant les éléments cruciaux relatifs aux contrats en unités de compte, notamment l'assurance vie et les contrats d'épargne. Les diverses caractéristiques, coûts, réglementations et risques inhérents à ces contrats font l'objet d'une observation précise.

La notion de rentabilité est par la suite introduite, fournissant une totale implication dans ce concept fondamental. Les indicateurs de rentabilité sont explorés, y compris la NBV (New Business Value), la marge de NBV (NBV marginale) et le taux de rentabilité interne (IRR/TRI). Le compte de résultat est également analysé dans le cadre de l'évaluation de la rentabilité des contrats en unités de compte.

Le mémoire comprend une section dédiée à la projection d'actifs, présentant deux modèles évoqués dans ce travail, à savoir le modèle de Black and Scholes, et le modèle de Merton, tout en mentionnant la méthode de Monte Carlo sur laquelle se basent les simulations des deux modèles. Ces approches permettent d'estimer les paramètres et d'appliquer des modèles de projection d'actifs pour évaluer les performances financières.

La construction de la courbe des taux est également soumise à une analyse détaillée, en particulier avec la méthode de Bootstrap. Cette courbe constitue en effet un élément crucial pour l'évaluation des flux futurs et leur actualisation.

En conclusion, le mémoire expose le modèle de calcul employé et les résultats de rentabilité qui en découlent. La structure générale de l'outil est décrite en détail, ainsi que les entrées et les sorties du modèle.

En somme, ce mémoire présente une analyse exhaustive de la gestion des contrats en unités de compte et de la rentabilité qui leur est associée.

Présentation d'organisme d'accueil et du sujet

1.1 Présentation de l'organisme d'accueil

Le groupe AXA ASSURANCE est reconnu comme l'un des leaders mondiaux dans le domaine de l'assurance et de la protection financière. Il possède une forte présence dans le monde entier et renforce considérablement sa position au Maroc sous le nom d'AXA ASSURANCE MAROC. Cette entité est née en 2000 de la fusion entre AXA Al Amane et la compagnie africaine d'assurances, et se classe en parmi les 5 premiers compagnies sur le marché marocain de l'assurance. Le métier d'AXA Assurance Maroc consiste à offrir des solutions de protection financière adaptées aux besoins de ses clients, qu'ils soient des particuliers, des petites, moyennes ou grandes entreprises, en les accompagnant tout au long de leur vie.

Historique

- **1996** : Axa débute ses activités au Maroc par le rachat de "Assurance Al Amane" ⇒ la naissance de AXA Al Amane.
- **1999** : Accord de partenariat entre AXA et ONA, "Axa Al Amane " devient Axa-ONA.
- **2000** : Création d'Axa Assurance Maroc par fusion entre Axa Al Amane et la compagnie Africaine d'Assurance.
- **2006** : Axa Assurance Maroc devient filiale à 100% du Groupe AXA.
- **2012** : Axa Assurance Maroc lance sa nouvelle signature pour accompagner le projet "Ambition 2012 ".

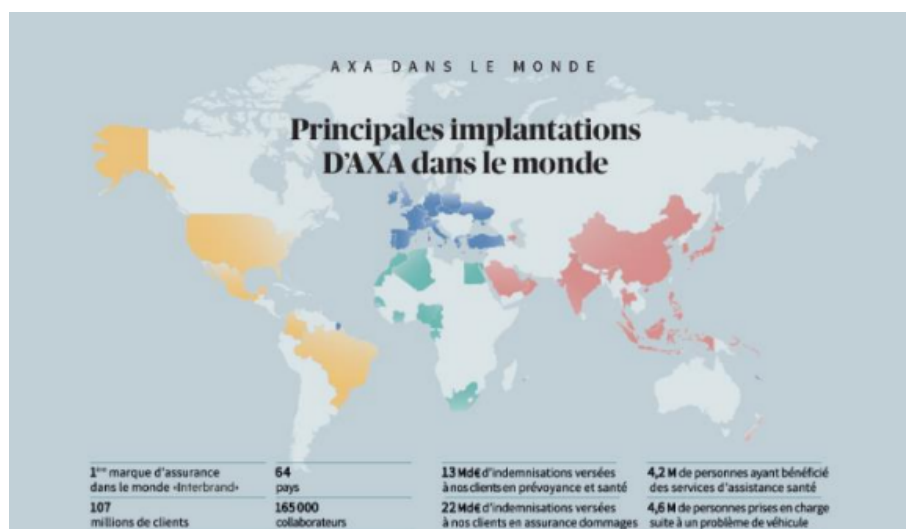


FIGURE 1.1 – Principales implantations d'AXA dans le monde

Chiffres clés

Chiffre d'affaires



Résultat net



Répartition du CA d'AAM à fin 2018

(en millions de dhs)

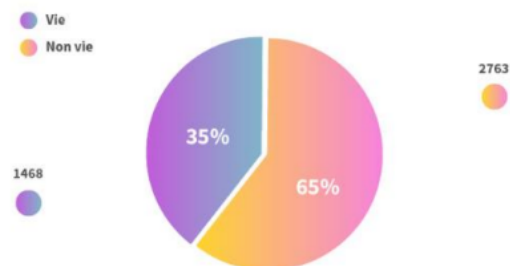


FIGURE 1.2 – Chiffres clés d'AXA Assurance Maroc

Domaine d'expertise

AXA Assurance Maroc vise à assurer la protection de ses clients, qu'ils soient particuliers ou entreprises, en s'appuyant sur ses deux domaines d'expertise :

— **Assurance vie, épargne et retraite :**

Les contrats d'assurance vie, qu'ils soient individuels ou collectifs, offrent une protection en matière de santé (gestion et remboursement des frais médicaux), de prévoyance (décès et invalidité) ainsi qu'une gestion de l'épargne. La protection en matière de santé et de prévoyance vise à couvrir les risques liés à la personne, tandis que la gestion de l'épargne permet de financer un projet, une retraite ou un patrimoine.

— **Assurance dommage :**

Les contrats d'assurance dommage offrent une protection contre les dommages aux biens, tels que les automobiles et les habitations, et couvrent également la responsabilité civile et professionnelle.

Axa en vie

Selon les dernières statistiques publiées par la Fédération Marocaine des Sociétés d'Assurances et de Réassurances (FMSAR), AXA Assurance Maroc occupe une part de marché importante sur le marché marocain. En 2021, elle représentait une part de marché vie équivalente à 8,4%, avec une croissance de 11,2%.

Assurances Vie (y compris les acceptations en réassurance)					
	2019	2020	2021	Evolution 2020/2021	Part marché
Mutuelle Taamine Chaabi	5 123,2	5 787,3	6 308,4	9,0%	27,5%
Wafa Assurance	5 093,9	4 371,5	5 004,7	14,5%	21,8%
RMA	3 464,9	3 418,9	3 981,3	16,5%	17,4%
La Marocaine Vie	2 172,7	2 060,9	2 252,8	9,3%	9,8%
Axa Assurance Maroc	1 610,9	1 727,8	1 920,6	11,2%	8,4%
AtlantaSanad	1 074,6	1 089,9	1 354,6	24,3%	5,9%
Saham Assurance	1 098,2	818,7	918,6	12,2%	4,0%
MCMA	681,2	755,1	898,8	19,0%	3,9%
Allianz Assurance Maroc	145,0	366,0	302,7	-17,3%	1,3%
Total	20 464,7	20 395,9	22 942,4	12,5%	100,0%

FIGURE 1.3 – Assurance vie au Maroc

1.2 Les contrats en unités de compte

1.2.1 Assurance vie

Un contrat d'assurance vie est un accord entre un souscripteur et un assureur, qui s'engage à verser un capital ou une rente à une personne désignée (appelée bénéficiaire), en échange de primes régulières versées par le souscripteur. Ce versement est effectué pendant une période définie dans le contrat et dépend de la survie ou du décès de l'assuré.

Les contrats d'assurance vie reposent sur deux risques distincts : celui du décès et celui de la vie, et en se basant sur cette dernière, l'assurance vie offre une solution répondant à une préoccupation très importante à savoir : l'épargne, qu'on traitera tout de suite.

Les intervenants :

Les contrats d'assurance impliquent généralement quatre parties :

- L'assureur, qui s'engage à verser le capital constitué en échange de primes versées, qu'elles soient uniques ou périodiques, au bénéficiaire désigné.
- Le souscripteur, qui a le droit de racheter les montants confiés à l'assureur pendant la durée du contrat.
- L'assuré, qui est celui sur lequel repose l'aléa et qui est souvent la même personne que le souscripteur.
- Le ou les bénéficiaires, qui reçoivent les sommes placées sur le contrat en cas de décès de l'assuré avant l'échéance du contrat.

Marché d'assurance Vie au Maroc :

Les assurances Vie et Capitalisation représentent 45% et les assurances Non-vie 54.4%, des primes émises au titre du 1er semestre 2022, selon les derniers chiffres publiés par FMSAR la Fédération marocaine des sociétés des assurances et de réassurance.

Structure du Chiffre d'Affaires

Branche	Chiffre d'Affaires	Contribution
Assurances Vie et Capitalisation	13 362,9	45,1%
Automobile	7 677,2	25,9%
Accidents Corporels	2 612,1	8,8%
Accidents du Travail	1 566,4	5,3%
Incendie	1 490,9	5,0%
Assistance	948,2	3,2%
Transport	454,5	1,5%
RC Générale	434,4	1,5%
Autres Opérations Non Vie	341,4	1,2%
GCEC (*)	324,0	1,1%
Acceptations en réassurance	150,4	0,5%
Risques Techniques	147,4	0,5%
Crédit - Caution	137,0	0,5%
Total	29 646,9	100%

(*) Garantie contre les conséquences d'événements catastrophiques
(En Millions de dirhams)

FIGURE 1.4 – Structure du Chiffre d'Affaires par branche

La présentation ci-dessous montre l'évolution des primes émises entre 2020 et 2022.

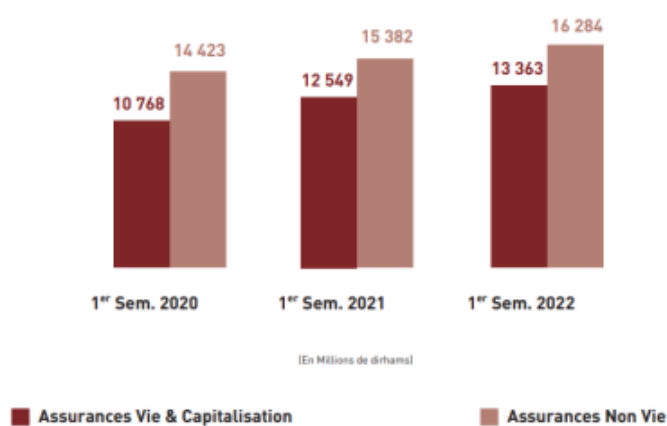


FIGURE 1.5 – Evolution des primes émises entre 2020 et 2022

1.2.2 Les contrats épargne

La sous-catégorie d'assurance vie, Épargne, représente un poids très important dans la constitution des prime émises de cette section , et il est caractérisé par le fait qu'il s'agit d'un contrat où l'assureur s'engage à couvrir, moyennant le paiement d'une prime d'assurance, certains risques spécifiés dans le contrat, en faveur des assurés.

Il est fondé sur une approche de capitalisation dans laquelle le souscripteur ne reçoit pas de revenus pendant la durée du contrat, à l'exception des intérêts techniques et de la participation éventuelle aux bénéfices. Toutefois, il est important de souligner que les contrats d'épargne d'assurance vie ne se limitent pas à des investissements financiers.

Elles se caractérisent par les supports de placements suivants :

Contrat en support de valeur :

Les contrats en unités de valeurs sont dotés d'une particularité : L'assureur s'engage à préserver l'intégrité du capital avec ajustement par rapport aux frais de gestion jusqu'à l'échéance du contrat ,et à le valoriser chaque année. Dans la plupart des cas, il est offert la possibilité de sélectionner parmi diverses options de cotisation, telles qu'une prime unique à la souscription, des versements programmés ou des versements libres.

Contrat en unité de compte :

Les contrats en unités de compte ne sont pas garantis en montant. L'épargne placée est répartie en un nombre d'unités de compte. L'assureur a alors l'obligation de restituer à l'assuré le même nombre de parts mais ne s'engage pas sur la valeur en dirhams de ces unités de compte, qui varie en fonction des marchés financiers, en effectuant, évidemment, les ajustements nécessaires en fonction des divers frais du contrat.

Comme indiqué dans l'article 98 publié par l'ACAPS :

« Les contrats d'assurance sur la vie peuvent être des contrats à capital variable. Dans ce cas, le capital ou la rente garanti est exprimé, totalement ou partiellement, en unités de compte dites valeurs de référence. Ces unités de compte sont constituées de valeurs mobilières ou de titres figurant sur une liste fixée par circulaire de l'Autorité et prenant en considération la sécurité et la rentabilité de ces valeurs ou titres. »

Contrat multisupport :

Les contrats de ce type permettent de diversifier les investissements sur plusieurs supports, qu'ils soient libellés en dirhams ou en unités de compte et dont le niveau de risque peut varier. Ces contrats sont assortis d'une option d'arbitrage qui offre la possibilité de modifier la répartition du capital entre les différents supports.

3. ÉVOLUTION DES PRIMES PAR BRANCHE

Données ACAPS	2020	2019	Variation	Part dans le CA	
				Total 2020	Total 2019
VIE ET CAPITALISATION	20 395,4	20 463,6	-0,3%	44,6%	45,6%
Épargne – Supports Dirhams	16 055,1	16 221,6	-1,0%	35,1%	36,1%
En cas de décès	2 918,2	3 013,2	-3,2%	6,4%	6,7%
Contrats à capital variable	1 422,1	1 228,8	15,7%	3,1%	2,7%
NON-VIE	24 766,1	24 229,6	2,2%	54,2%	54,0%
Evènements catastrophiques	476,7	0,0	-	1,0%	-
Automobile	11 964,5	11 952,1	0,1%	26,2%	26,6%
• dont RC Automobile	9 924,0	9 970,0	-0,5%	21,7%	22,2%
AT & MP	2 207,0	2 291,1	-3,7%	4,8%	5,1%
Accidents corporels	4 417,9	4 417,1	0,0%	9,7%	9,8%
• dont Maladie	3 751,4	3 717,0	0,9%	8,2%	8,3%
RC générale	567,8	568,0	0,0%	1,2%	1,3%
Incendie	1 920,9	1 609,3	19,4%	4,2%	3,6%
Risques techniques	173,6	288,6	-39,8%	0,4%	0,6%
Transport	652,6	639,8	2,0%	1,4%	1,4%
Assistance-crédit-caution	1 429,8	1 647,0	-13,2%	3,1%	3,7%
Autres opérations	955,3	816,7	17%	2,1%	1,8%
ACCEPTATIONS EN REASSURANCE	559,8	209,7	166,9%	1,2%	0,5%
Acceptations -vie	0,5	0,3	66,7%	0,0%	0,0%
Acceptations -Non-Vie	559,3	209,4	167,0%	1,2%	0,5%
TOTAL	45 721,3	44 902,9	1,8%	100,0%	100,0%

FIGURE 1.6 – Évolution des primes par branche

L'assurance Vie et Capitalisation a enregistré un chiffre d'affaires de 20,4 Milliards de dirhams en 2020 contre 20,5 Milliards de dirhams en 2019.

Fonctionnement des contrats d'épargne multisupport :
Souscription et renonciation :

Les contrats multisupports font partie de la catégorie des contrats d'épargne, et sont donc renouvelés immédiatement chaque année, sauf en cas de résiliation du contrat.

Modes de gestion :

Lors de la conclusion du contrat, le souscripteur est en mesure de sélectionner le mode de gestion de son épargne en fonction de ses objectifs, il existe principalement deux types :

- **Contrat à gestion pilotée :** Les contrats multisupports requièrent que les souscripteurs possèdent une certaine connaissance des marchés financiers afin de pouvoir évaluer les risques liés à leurs investissements.

Cependant, pour se libérer de cette préoccupation, le souscripteur peut opter pour la gestion pilotée, qui lui permet de bénéficier de l'expertise de l'assureur. En collaboration avec son conseiller, le souscripteur détermine ses objectifs de performance et de sécurité, et choisit parmi différents profils de risque. L'assureur prend ensuite en charge la répartition des versements entre les différentes unités de compte et les ajustements nécessaires au cours du contrat, en fonction du profil choisi.

- **Contrat à gestion libre** : Le souscripteur assuré a la possibilité de répartir librement son épargne sur les différents supports proposés.

Modalités de versement :

L'assuré paye généralement une prime initiale, ou des primes périodiques ou libres en Dirham ou encore une combinaison des trois types de versements.

Les caractéristiques des contrats multisupports :

Parmi les caractéristiques des contrats multisupports, on peut citer :

Bancassurance :

La distribution de ce produit à capital variable se réalise généralement par le biais des institutions bancaires, ce qui confère à l'activité bancassurance un rôle primordial dans sa commercialisation.

Les valeurs liquidatives :

La valeur liquidative d'une action ou d'une part d'un support en unité de compte correspond au montant résultant de la division de l'actif net par le nombre d'actions ou de parts. Cette valeur reflète la valeur des actifs sous-jacents et varie en fonction de la fluctuation de la valeur liquidative du support financier choisi. Il est à noter que l'assureur ne s'engage qu'à garantir le nombre d'unités de Compte souscrites et non leur valeur liquidative.

Taux minimum garanti :

Lorsqu'on souscrit un contrat d'épargne multi-supports, le taux minimum garanti correspond au taux de rendement annuel minimum de l'épargne stipulé dans le contrat pour la partie en valeur. Ce taux est déterminé au moment de la souscription et demeure inchangé.

Option d'arbitrage :

Les contrats multisupports offrent au client la possibilité de modifier la répartition initiale de son épargne en fonction de son contexte financier ou patrimonial. Cette opération donc consiste à transférer l'épargne investie d'un support vers un autre.

Avance :

Dès la première année et après le délai de renonciation, le souscripteur assuré d'un contrat multisupports peut demander une avance à l'assureur. Cependant, cette avance ne pourra être accordée que sur le support en unité de valeur, et sera assortie d'une rémunération.

L'assureur ne pourra accorder une avance qu'à hauteur de 80% de la valeur de rachat nette d'impôt sur le revenu et de toutes autres taxes au titre du contrat. Cette avance sera consentie pour une durée ne pouvant excéder cinq ans. Passé ce délai, l'assureur doit procéder automatiquement à la transformation de l'avance en un rachat partiel du contrat.

Option de rachat :

Le contrat est toujours assorti d'une option de rachat totale ou partielle à tout moment, permettant à l'assuré de récupérer une partie ou la totalité de son contrat. La valeur de rachat du contrat est garantie, bien qu'il puisse y avoir des pénalités en fonction des clauses générales du contrat.

Les différents frais des contrats multisupports :

- **Frais d'adhésion** : couvrant les frais, d'adhésion et d'association ou de dossier, appliqués à la souscription.
- **Frais d'arbitrage** : Pour chaque arbitrage entre les différents supports, des frais sont prélevés par : l'Assureur à la date d'arbitrage sur le support d'Investissement. Leur montant est fixé aux Conditions Particulières en pourcentage des sommes arbitrées.
- **Frais de gestion** : Montant destiné à rémunérer la compagnie pour la gestion du contrat multi-support. Ils sont exprimés en pourcentage : De la provision mathématique et du nombre d'unités de comptes à la fin de chaque trimestre pour les supports en unité de comptes , Les pourcentages des Frais de gestion sont fixés aux conditions particulières.
- **Frais de versement** : Frais occasionnés par la conclusion des contrats d'assurance exprimés en pourcentage des primes versées.
- **Frais de sortie** : Les frais s'appliquent lors du règlement périodique du contrat ou lors de sa résiliation anticipée.

Les contrats multisupports au Maroc

Les contrats multisupports ont été autorisés au Maroc depuis la réforme du Code des Assurances en 2002, or ces contrats sont encore limités sur le marché marocain. La première initiative remonte à 2007 et elle était l'œuvre de la Marocaine Vie qui a lancé les premiers contrats d'épargne-assurance multisupports : Vital Multisupport (assurance-vie) et Vital Retraite Multisupport (épargne retraite).

Il s'agit de contrats permettant aux souscripteurs de bénéficier de la performance de nombreuses formules de placement qu'ils sélectionnent en fonction de leurs objectifs, tout en conservant la faculté de modifier leurs choix à tout moment

Au premier semestre de 2018, Wafa Assurance lance son premier produit d'assurance en UC. Il s'agit de deux produits : Épargne Symphonie : produit individuel d'Assurance Vie , Âge d'Or Symphonie : produit de Retraite Complémentaire

Et en 2022 , et Pour renforcer sa gamme de produits d'épargne, AXA Assurance Maroc en partenariat avec BNCI BNP Paribas, lancent « Patrimoine Optimis Multisupport », un contrat d'épargne qui comprend deux compartiments :

- Le premier est un fonds en dirhams, où le capital est garanti avec un rendement à la fois compétitif et prudent.
- Le second compartiment en UC est adossé à des OPCVM (Actions, Obligations, Monétaires, Diversifiés).

	Epargne- dirhams			Epargne- supports en unité de compte		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Primes	14 634,1	16 221,8	16 055,1	712,7	1 228,8	1422,1
Variation des provisions mathématiques	5 589,7	5 730,8	5 092,1	298,8	641,6	583,2
Charges de prestations	9 583,9	10 975,0	11 324,3	485,2	767,6	1044,4
<i>dont prestations et frais payés</i>	<i>9 610,4</i>	<i>10 963,1</i>	<i>11 064,9</i>	<i>260,9</i>	<i>306,4</i>	<i>411,8</i>
Charges d'acquisition et de gestion nettes	827,9	886,0	941,6	51,0	66,7	67,8
Marge d'exploitation	-1 367,4	-1 369,9	-1 302,8	-127,9	-218,2	-262,6
Solde financier	1 040,2	1 305,0	1 033,7	60,1	67,4	63,9
Résultat technique brut	-327,2	-64,9	-269,1	-67,8	-150,8	-198,7
Solde de réassurance	125,3	111,3	81,0	0,0	0,0	-0,1
Résultat technique net	-201,9	46,4	-188,1	-67,8	-150,8	-198,8

TABLE 1.1 – Présentation simplifiée du compte technique pour les deux catégories d'épargne du marché marocain pour l'exercice 2020-ACAPS

Règlement des contrats

Support d'investissement

En réponse aux évolutions du marché financier, le code des assurances récemment promulgué en 2002 a présenté plusieurs nouvelles fonctionnalités. Conformément à l'article 99 de ce code, les contrats d'assurance vie peuvent désormais garantir un capital ou une rente exprimés en unités de compte qui se composent de valeurs mobilières ou de titres figurant sur une liste réglementaire. Annexe 1

Participation au bénéfices

C'est une Fraction, attribuée aux Souscripteur assurés, des bénéfices techniques et financiers, réalisés par l'Assureur sur le fonds en dirhams, et elle ne se fait que sur les supports en unité de valeur comme le mentionne article 100 du code des assurances. Annexe 2

Solvabilité basée sur les Risques

La circulaire de l'ACAPS concernant la SBR énumère en détail toutes les modalités de provisionnement pour les contrats d'assurance en unités de compte dans son article 21. Annexe 3

Marge de solvabilité

Le Code des Assurances impose aux compagnies d'assurances une marge de solvabilité qui est représentative du niveau de fonds propres à maintenir pour garantir leur solidité financière et leur capacité à honorer leurs obligations contractuelles envers les assurés.

Cette exigence est cruciale pour la pérennité de ces entreprises et est réglementée par la loi pour assurer leur solvabilité et leur stabilité financière. Pour les contrats à capital variable, elle est calculée comme mentionnée dans la circulaire comme suit :

— **Pour le fonds en dirhams** (L'entreprise assume de risque de placement)

$$MS_{DH} = 4\% * \text{Provision mathématique en DH}$$

— **Pour le fonds en unités de compte** (L'entreprise n'assume pas de risque de placement)

$$MS_{UC} = 1\% * \text{Provision mathématique en UC}$$

- **Pour contrats multisupport** incluant une garantie plancher, l'assureur assume de plus le risque de mortalité.

$$MS = MS_{DH} + MS_{UC} + 0,3\% * \text{Capitaux décès sous risque}$$

Annexe 4

Fiscalité

Les produits en unités de compte sont soumis aux mêmes règles fiscales que les contrats de capitalisation, permettant ainsi aux détenteurs de bénéficier des avantages fiscaux qui y sont associés. Ces avantages incluent l'exonération totale des intérêts issus de la croissance de l'épargne après huit ans de souscription, l'exonération des taxes sur les plus-values résultant d'un arbitrage entre OPCVM. Annexe 5

Les engagements de l'assureur dans le cas des contrats multisupports

Garantie capitalisation :

Elle permet la constitution d'une épargne, sur les deux supports en unité de valeurs et en unité de compte moyennant versements des primes et à l'échéance fixée dans le contrat le(s) bénéficiaire(s) reçoit (reçoivent) :

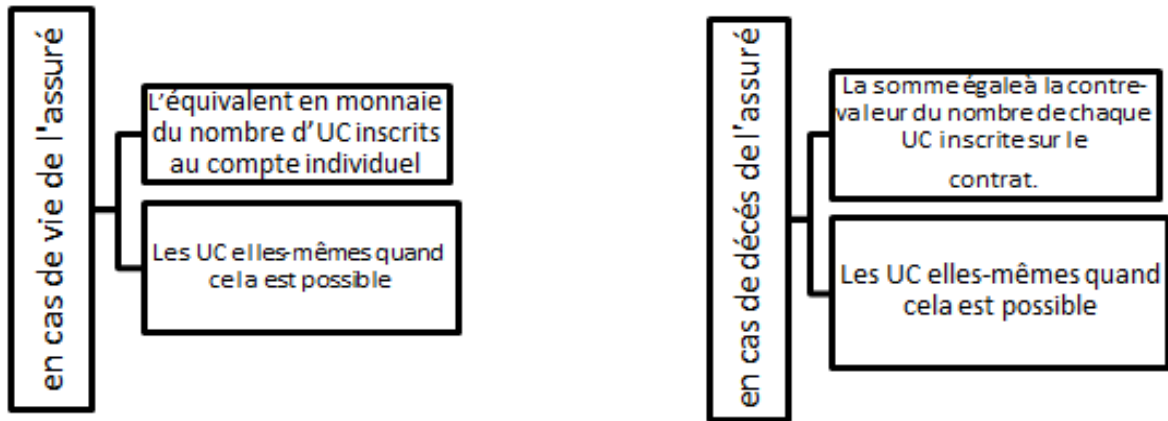


FIGURE 1.7 – Capitalisation en cas de décès et de vie de l'assuré

Ce qui est bien clarifié par le code des assurance marocain dans l'article 98

Article 98 : (modifié par l'article 136 de la loi n° 64-12 du 06 mars 2014) (modifié par la loi n°59-13 du 25 août 2016).

Les contrats d'assurance sur la vie peuvent être des contrats à capital variable. Dans tous les cas, l'assuré ou le bénéficiaire a la faculté d'opter soit pour le règlement en espèces, soit pour la remise de valeurs ou de titres. Toutefois, lorsque les unités de compte sont constituées de titres ou de valeurs non négociables, le règlement ne peut être effectué qu'en espèces.

Comme précédemment mentionné, les contrats multisupports ne permettent en aucun cas de protéger les assurés contre les risques financiers du marché et ses fluctuations, ce qui rend les assurés entièrement exposés à ces risques.

Dans le but de rendre les contrats multisupports plus séduisants pour les clients, les assureurs proposent simultanément des garanties. En effet, pour les personnes peu familières avec les risques liés aux fluctuations du marché, l'idée de supporter ces risques peut sembler peu légitime. C'est pourquoi ces engagements sont offerts afin d'assurer aux assurés des avantages sous certaines conditions.

Ainsi, l'assureur offre la possibilité à l'assuré de bénéficier des performances des marchés financiers tout en lui garantissant un capital minimum, dans le but de combiner sa rentabilité et sa sécurité. Ces garanties peuvent être proposées pour une couverture en cas de vie ou de décès, selon le choix de l'assuré.

Garantie Plancher :

Les garanties dites "plancher" sont des garanties qui peuvent s'appliquer aussi bien en cas de décès que de survie de l'assuré. Elles assurent aux bénéficiaires la certitude de recevoir un montant minimum prédéterminé au moment de la souscription du contrat, indépendamment de la valeur de l'unité de compte au moment où survient l'événement donnant droit au paiement de la prestation. Ainsi, l'assureur assume la responsabilité d'une éventuelle dépréciation de la valeur du contrat. Il existe différents types de garanties de ce genre :

- **Garantie Plancher simple :** Le bénéficiaire est assuré de recevoir un capital au moins équivalent au montant total des primes versées. Le capital exposé au risque correspond à la différence entre ce montant minimal garanti et la provision mathématique (PM) du contrat.
- **Garantie Plancher majoré :** Il est envisageable pour le souscripteur de fixer le montant du capital qui sera versé à l'échéance du contrat en appliquant un coefficient de majoration à l'épargne accumulée. Par exemple, en optant pour un coefficient de 120 %, les bénéficiaires recevront un montant équivalent à 120 % des versements effectués initialement sur le support UC.

Garantie cliquet :

Le bénéficiaire recevra un capital évalué au cours le plus élevé enregistré depuis la souscription du contrat (la valeur de l'unité de compte ne pourra pas être inférieure à celle constatée lors de la période précédente). Le capital exposé au risque correspond à la différence entre la valeur la plus élevée atteinte par la provision mathématique et sa valeur actuelle.

Garantie indexée :

Elle repose sur le principe de la garantie plancher simple, mais en cumulant les versements et en appliquant un taux d'indexation annuel pour déterminer le capital minimum qui sera versé aux bénéficiaires. Le taux d'indexation varie d'un assureur à l'autre. Par exemple, un capital initial de 50 000 Dhs indexé à 2 % par an atteindra 58882,9691 Dhs après 8 ans.

Risques liés aux contrats multisupports :**Risque de rachat :**

Il est possible pour l'assuré de procéder au rachat de son contrat à tout moment, que ce soit pour des raisons de besoin en liquidités ou en raison de rendements inférieurs à ceux du marché. Toutefois, ces rachats peuvent entraîner des pertes financières significatives pour l'assureur, car il existe trois risques associés à ces rachats :

Tout d'abord, un grand nombre de contrats rachetés dans des conditions financières défavorables, caractérisées par une hausse des taux d'intérêt, peut contraindre l'assureur à vendre ses actifs dans des conditions désavantageuses, car le prix est inversement proportionnel aux taux d'intérêt.

Deuxièmement, une hausse demande de rachats peut réduire considérablement le nombre de contrats en cours chez l'assureur, compromettant ainsi le fonctionnement normal des compensations dans une compagnie d'assurance.

Enfin, l'assureur encourt un risque de frais, car il a intérêt à conserver le contrat et l'épargne en compte le plus longtemps possible pour amortir les frais et générer des bénéfices grâce au placement de l'épargne collectée sur le marché financier.

Risque de mortalité :

Le risque de mortalité peut être défini comme étant l'écart entre la mortalité effective et celle prévue par la table de mortalité utilisée.

- Pour les contrats d'assurance en cas de vie, l'utilisation d'une table de mortalité obsolète peut entraîner un sous-provisionnement, qui peut affecter la capacité de l'assureur à remplir ses engagements.
- Pour les contrats d'assurance en cas de décès, l'utilisation d'une table de mortalité obsolète peut conduire à un provisionnement excessif, car la mortalité estimée est

supérieure à la mortalité réelle. À l'inverse, un écart négatif entre la mortalité estimée et réelle peut entraîner un sous-provisionnement, ce qui peut rendre difficile le respect des engagements futurs.

Risque financier :

Les contrats multisupports présentent toujours un risque financier qui est en relation avec le support libellé en, en effet, dans le cas de baisse des taux, le placement des produits se fait à un taux plus faible alors que les engagements imposent de servir aux assurés au moins le taux minimum garanti (TMG), ce qui va produire en fait des moins-value pour l'assureur, en cas de hausse de taux, c'est plus un risque d'augmentation de demande de rachat qui représente, car sera plus attirant s aux clients d'investir dans des placements et à un taux moyennement grand que dans des actifs financiers risqués et subir les fluctuations du marché.

Risque opérationnel :

Le risque opérationnel est celui que regroupe tous les risques de défaillances et des pertes touchant la mise en œuvre des stratégies financières, ce risque est très présent dans le contrats multisupports, le risque de mauvais pricing, de pannes des systèmes d'information, incapacité de bien prédire le modèle qui donne les lois régissant la valeur du marché du fonds, risque aussi lié à la gestion du produit et sa commercialisation.

Risque de liquidité :

Le risque de liquidité se définit comme le risque de ne pas avoir suffisamment de liquidités disponibles au moment de la prestation. Pour éviter ce risque, il est crucial de choisir des actifs rentables et liquides en fonction du type de contrat.

Risque d'arbitrage :

L'existence d'une option d'arbitrage dans les contrats multisupports représente un risque important pour l'assureur, car elle peut altérer le profil de risque de la garantie plancher. Si un assuré décide d'opter pour une allocation plus risquée, le tarif de la garantie plancher, fixé à l'avance, peut ne pas permettre à l'assureur de disposer des ressources nécessaires pour respecter ses engagements.

En outre, des arbitrages massifs des fonds en dirhams vers les supports en unités de compte peuvent mettre en danger la solvabilité de la compagnie, car ils sont imprévisibles et peuvent obliger l'assureur à vendre des actifs à des moments défavorables, entraînant des pertes (notamment sur les obligations).

Risque de contrepartie :

Lorsque la répartition des placements est trop concentrée sur des actifs émis par certaines sociétés, la compagnie peut être exposée au risque de défaut de la contrepartie.

La notion de rentabilité et ses différents indicateurs

2.1 Introduction à la notion de rentabilité

L'activité d'assurance se distingue par l'inversion du cycle de production, cela signifie que les assureurs perçoivent les primes des clients aujourd'hui, mais doivent couvrir les sinistres futurs et les garanties du contrat sur une période prolongée. Cependant, cette situation crée un défi majeur, car les résultats futurs de ces produits d'assurance vie restent incertains.

Ce processus est d'autant plus complexe dans le domaine de l'assurance vie, car les contrats s'étendent généralement sur de longues périodes, pouvant aller jusqu'à plusieurs années. Et donc lors de la vente d'un produit d'assurance vie, il est impossible de connaître précisément le gain ou la perte qu'il générera. Par conséquent, il est crucial de simuler la rentabilité à partir d'hypothèses rigoureusement sélectionnées.

Ainsi avant la commercialisation d'un nouveau produit d'assurance vie, il est impératif pour l'assureur de réaliser une étude approfondie de rentabilité. Cette étude a pour objectif d'évaluer la capacité du produit à générer des bénéfices pour l'assureur, et elle ne s'arrête pas une fois le produit mis sur le marché, Il est tout aussi important de continuer à évaluer la performance du produit en tenant compte de divers critères de sensibilité pouvant avoir un impact sur sa rentabilité. Cette évaluation continue permet de s'assurer que le produit d'assurance vie demeure rentable et en adéquation avec les objectifs financiers de l'assureur. Elle permet également d'identifier les éventuelles opportunités d'amélioration ou les ajustements nécessaires en fonction des changements survenant dans l'environnement de l'assurance vie, tels que les fluctuations du marché, les évolutions réglementaires ou les attentes changeantes des clients.

Dans notre cas, et dans le contexte des contrats multisupports, la garantie plancher est un élément décisif, car elle offre aux clients une option qui assure que la valeur de leur contrat à l'échéance ou en cas de décès « En corrélation avec la typologie particulière de la garantie plancher » sera au moins égale à l'ensemble de leurs versements, même si la valeur des unités de compte dans lesquelles ils ont investi diminue pendant cette période, d'où pour les assureurs, la maîtrise de la garantie plancher constitue un défi majeur, aussi bien pour la tarification que pour le provisionnement nécessaire pour ces contrats.

Cette analyse de rentabilité s'effectue donc au moyen du calcul de multiples indicateurs qui fournissent une estimation prospective des gains et des pertes générés par les contrats, tout en offrant une vision d'ensemble des facteurs les plus déterminants pour la rentabilité du produit. Dans ce chapitre, nous présenterons en détail ces indicateurs de rentabilité.

La démarche d'étude de rentabilité :

Selon Planchet dans "La lettre Actuariat et Finance" du 2ème semestre 2010, la procédure de mesure de rentabilité peut être décomposée en plusieurs étapes :

- Étape 1** : choix de la mesure de risque (espérance, moyenne, value-at-risk..)
- Étape 2** : Choix de la fonction objectif (l'indicateur que l'on souhaite optimiser)
- Étape 3** : Projection stochastique des flux du contrat
- Étape 4** : Calcul de la valeur prise par la fonction objectif pour chacun de ces flux
- Étape 5** : Calcul de la valeur prise par la mesure de risque sur la distribution des valeurs prises par la fonction objectif.

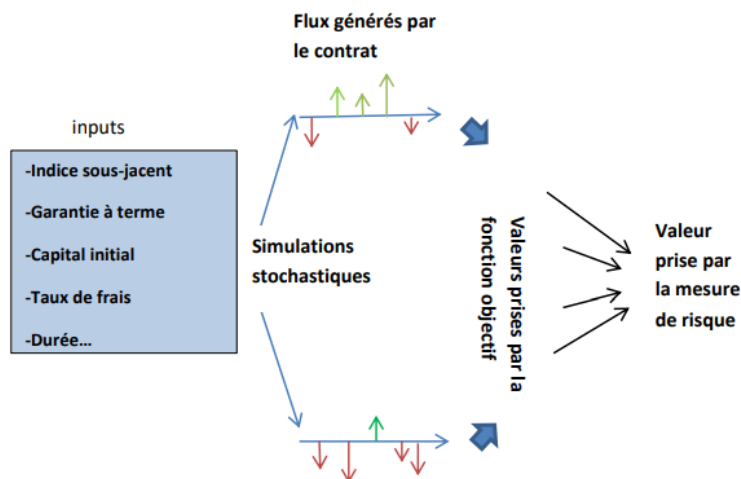


FIGURE 2.1 – Démarche d'étude de rentabilité

Parmi les mesures de risque les plus couramment utilisées, on trouve l'espérance, la Value at-Risk. En ce qui concerne les fonctions objectifs, elles représentent la valeur accordée par l'investisseur aux flux (encaissements et décaissements) générés par le contrat. Dans le cadre de notre mémoire, nous allons nous concentrer sur plusieurs indicateurs importants pour la mesure de rentabilité, notamment la **NBV** (New Business Value) et un indicateur interne d'AXA appelé ECR (le ratio combiné économique), ainsi que le **TRI/IRR** (Taux de Rentabilité Interne/Internal Rate Return) que nous détaillerons et définirons par la suite.

2.2 Les indicateurs de rentabilité

2.2.1 New business Value

D'après le CFO Forum, le New Business désigne la production nouvellement générée par la vente de nouveaux contrats, parfois incluant l'évolution des contrats existants. La New Business Value est calculée en prenant en compte la valeur actuelle des résultats projetés des polices du New Business, après déduction des coûts liés à la marge de solvabilité, aux valeurs d'options et aux risques non financiers. Elle joue un rôle d'indicateur de rentabilité des nouveaux contrats et reflète la valeur créée par ces derniers.

En d'autres termes, la NBV peut servir de critère de décision pour l'investisseur, selon les conditions suivantes :

- Si $NBV(f, I_0) < 0$: refuser le projet
- Si $NBV(f, I_0) = 0$: zone d'indifférence
- Si $NBV(f, I_0) > 0$: accepter le projet

Ici, I_0 représente l'injection de capital initial liée à l'investissement, et f est un flux parmi l'ensemble des flux générés par le contrat sur la période, qui pouvant évidemment être positif comme négatif La NBV est donc, un indicateur qui permet de mesurer la capacité de la compagnie à créer de la valeur et elle s'écrit de la manière suivante :

$$NBV = VIF + Strain = Strain + PVFP - CoC - TVOG$$

Strain :

Il représente les charges liées au lancement d'un produit lors de sa première année de commercialisation, ce sont les coûts de frais d'acquisition. Lorsqu'un nouveau produit d'assurance-vie est lancé, il est nécessaire de prendre en compte que le résultat comptable de la première année sera négatif, Toutefois, si le produit est correctement modélisé et tarifé, la marge financière annuelle devrait devenir positive par la suite, permettant ainsi de compenser les pertes initiales.

Il est important de souligner que ces coûts de la première année ne seront pas projetés et ne seront pris en compte que pour l'année de souscription. Cette situation met en évidence l'importance de la vision prospective pour les produits d'assurance-vie.

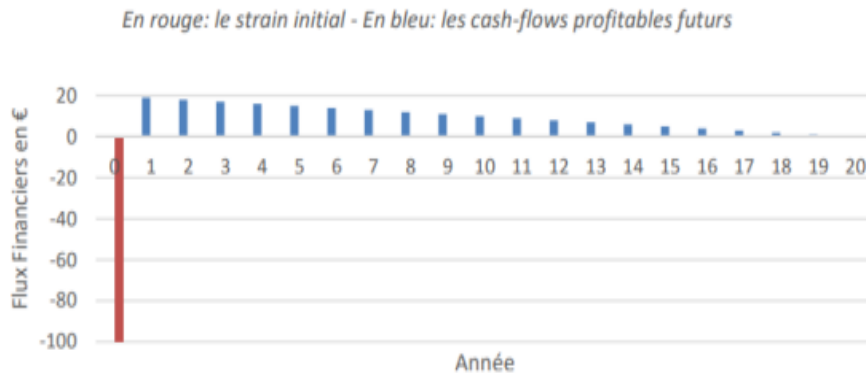


FIGURE 2.2 – Projection des Cash-Flows de l'assureur

Ce graphique démontre clairement la nécessité d'analyser le produit tout au long de sa durée de vie. Il met également en évidence l'importance d'une modélisation fiable et précise, car une surestimation des flux de trésorerie futurs pourrait rendre rentable un produit qui ne l'est pas réellement.

VIF :

La Value of In Force peut être décrite comme la valeur actuelle des résultats futurs générés par le portefeuille de contrats et qui sont distribuables à l'actionnaire. Elle représente la richesse future qui sera générée par les contrats présents dans le portefeuille. Cette valeur est composée de plusieurs éléments :

$$VIF = PVFP - CoC - TVOG$$

— **PVFP (Present Value of Future Benefits) :**

La valeur actuelle des bénéfices (ou pertes) probables futurs, nets d'impôts, pouvant être distribués aux actionnaires, générés par le portefeuille de contrats en cours, également appelé IN Force. Elle permet d'évaluer de manière prospective la rentabilité d'une compagnie d'assurance vie, dépassant ainsi la vision statique offerte par les états comptables et financiers.

L'objectif est de projeter l'activité d'assurance sur plusieurs années, puis de calculer la valeur de l'ensemble des flux de trésorerie futurs probables, nets d'impôts, générés par le portefeuille de contrats à la date d'évaluation. Ces flux sont ensuite actualisés à cette date au taux sans risque, comme l'indique la formule suivante.

$$PVFP = \sum_{i=0}^N \frac{R_i x (1 - IS)}{(1 + R_i)^i}$$

Où

Is : les impôts

ri : le taux sans risque

Ri : flux de futurs probables (négatifs ou positifs)

Ce qui rend essentiel de projeter les flux tout au long de la durée des contrats afin de calculer les résultats de la compagnie pour chaque année.

— **CoC (Cost of Capital) :**

La valeur des fonds propres est réduite du coût associé à l'immobilisation de la marge de solvabilité. Comme expliqué précédemment, l'activité d'assurance requiert un niveau minimum de fonds propres afin d'assurer la solvabilité de la compagnie d'assurance.

Le cost Of Capital (COC) représente le coût lié à la détention des fonds propres nécessaires pour répondre aux exigences réglementaires de solvabilité.

Il s'agit du montant minimal de fonds propres que les actionnaires doivent immobiliser, et cela se traduit par une perte potentielle étant donné que le capital réglementaire est généralement rémunéré à un taux sans risque inférieur aux attentes des actionnaires.

Il existe deux méthodes de calcul qui donnent des résultats identiques, nous optons pour présenter la deuxième méthode, basée sur la perspective de la "valeur financière". Dans cette approche, le coût est considéré comme une série de flux financiers liés à l'immobilisation.

Il faut d'abord calculer les flux générés par l'immobilisation des fonds propres réglementaires, les fonds propres (immobilisés en t-1) génèrent pour l'exercice comptable t des produits financiers comme suit :

$$\text{Produits financiers}(t) = MSR(t - 1) * TRA(t)$$

Où

TRA(t) est le taux de rendement comptable des actifs;

MSR(t-1) est le montant du capital réglementaire calculé en fin d'année t-1, pour l'exercice suivant.

La série des flux pendant l'année t se représente comme suit : À la clôture de l'année t, l'actionnaire recouvre le capital investi durant l'année précédente, accompagné des gains financiers engendrés par ce capital au cours de l'année t, puis réinvestit le capital nécessaire déterminé à la date t.

Le coût pour l'assureur représente alors :

$$-[MS(t - 1) - MS(t) + MS(t - 1) * TRA(t) * (1 - IS)]$$

En considérant un contrat prenant fin à la date T, l'expression du coût du capital peut alors s'écrire :

$$CoC = MS(0) - \sum MS(t-1) - MS(t) + MS(t-1) * TRA(t) * (1-IS)(1-\tau_{actualisation})$$

— **TVOG (Time Value of Options and Garantie) :**

La TVOG est une mesure de la valeur temporelle des options et garanties financières d'un produit. Elle est combinée à la valeur intrinsèque de ces options et garanties, qui représente leur valeur à la date d'évaluation en fonction des hypothèses déterministes utilisées pour projeter l'In-Force, Et quant à elle, elle est calculée en utilisant une approche stochastique. Dans notre cas on la considère égale à 0.

2.2.2 NBV Margin

La NBV Margin (ou marge sur les affaires nouvelles) est un indicateur développé pour normaliser les résultats de la NBV dans le but de comparer différents produits qui ont des référentiels différents. Pour normaliser les résultats de la NBV, on utilise un indicateur complémentaire appelé APE (Annualized Equivalent Premium) ou Prime Annuelle Équivalente.

L'APE correspond à l'ensemble des primes perçues au cours de l'année et permet de comparer différentes polices d'assurance.

La formule conventionnelle pour calculer l'APE est la suivante :

$$APE = 100\% * \text{Primes Périodiques} + 10\% * \text{Primes uniques et versements exceptionnels}$$

Une fois que l'APE est calculée, on peut construire le ratio de la NBM en divisant la NBV par l'APE :

$$NBM = \frac{NBV}{APE}$$

La NBM, abréviation de Marge sur les Affaires Nouvelles, constitue une mesure très valorisée par les équipes managériales, car elle offre une indication directe du bénéfice réalisé par l'assureur pour chaque dirham de prime souscrite.

2.2.3 NEW BUSINESS VALUE PROFIT

La PVEP (Present Valeur des Primes Attendues) est définie comme la valeur actualisée des primes futures prévues par les sociétés d'assurance. En d'autres termes, elle représente la valeur actuelle des primes que les sociétés d'assurance s'attendent à recevoir à l'avenir. Ainsi la NBV profit est définie comme suit :

$$NBV \text{ profit} = \frac{NBV}{PVEP}$$

La NBV profit est un indicateur qui permet de mesurer le réel gain d'une entreprise. En effet, elle est calculée en prenant en compte la valeur actualisée des résultats engendrés par la souscription de contrats sur une année, dans la période de projection considérée. La PVEP, quant à elle, représente la valeur actualisée des primes perçues dans cette même période de projection. La NBVprofit est donc le ratio entre les résultats générés par les contrats souscrits et les primes perçues par l'entreprise pour ces contrats. En d'autres termes, elle mesure la marge bénéficiaire réalisée par l'entreprise.

L'utilisation de la NBVprofit permet d'évaluer plus précisément la rentabilité de l'année de production. Elle représente la part réelle que l'entreprise gagne sur l'ensemble des primes qu'elle espère percevoir. Cet indicateur est largement utilisé car il facilite la comparaison des performances commerciales entre différentes entreprises.

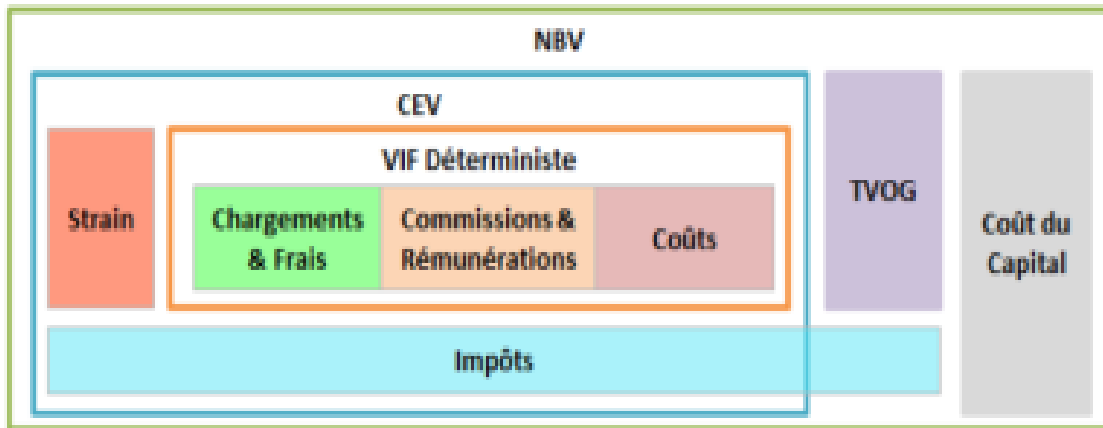


FIGURE 2.3 – Décomposition des indicateurs basés sur les résultats statutaires

2.2.4 IRR/ TRI taux de rentabilité interne

Le taux de rentabilité interne (TRI) est le taux d'actualisation qui permet d'équilibrer la valeur actuelle nette des flux de trésorerie de l'assureur. En d'autres termes, il égalise les cash-flows positifs et négatifs de l'assureur sur la durée du contrat. Les flux de trésorerie de l'assureur représentent les bénéfices générés par le produit (cash-flows positifs) moins le capital immobilisé. Ainsi, les flux totaux correspondent aux résultats de l'activité de l'assureur, déduits du coût du capital. Il peut être considéré

comme le taux de rendement d'un portefeuille de contrats. Il permet de comparer différents produits en tenant compte de leur durée de vie et de leur résultat initial.

Cet indicateur constitue ainsi un complément aux outils plus traditionnels tels que la valeur des business futures (NBV). En utilisant l'IRR, on peut évaluer la performance relative des produits et prendre des décisions éclairées en matière d'investissement. On peut le schématiser comme suit :

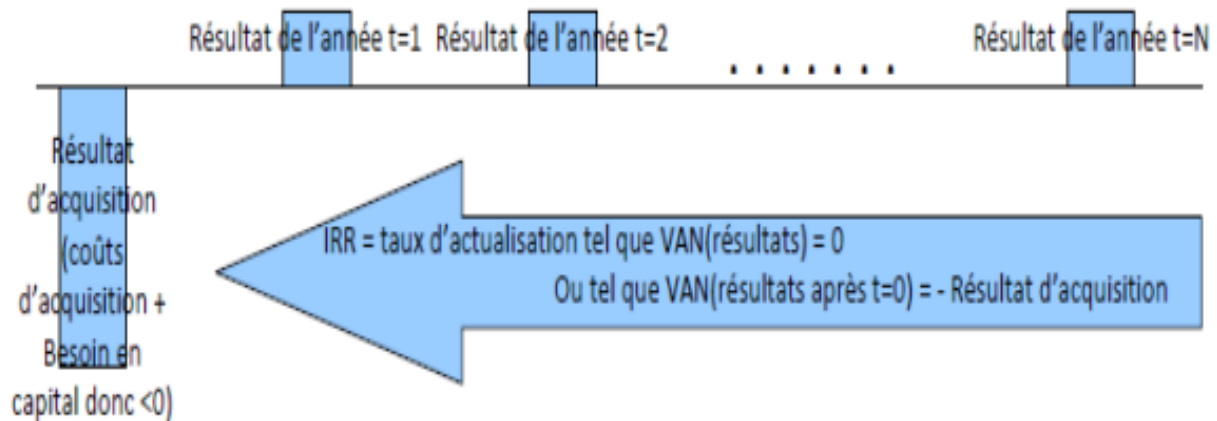


FIGURE 2.4 – Évaluation de la performance au biais du IRR/TRI

Pour le calcul de l'IRR, il est essentiel de projeter les résultats dans le temps. De plus, ce calcul repose sur deux hypothèses importantes :

- Nous supposons que tous les éléments du bilan évoluent selon un scénario déterministe appelé "Real World" ou "Management Case". Dans ce scénario, le taux d'actualisation est égal au taux sans risque plus une prime de risque.
- Nous considérons également une période de "Run-Off" où aucune nouvelle affaire n'est générée après la première année de projection. Cela signifie que les flux de trésorerie futurs sont basés uniquement sur les contrats existants et les résultats provenant de ces contrats

L'IRR est donc :

$$\sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+TRI)^i} = 0$$

CF_i représente les résultats générés par les différents flux, y compris les marges techniques, administratives et financières prévues sur la durée de vie des contrats.

Il englobe également la marge de solvabilité, les produits des placements liés à la marge de solvabilité, ainsi que la charge d'impôt des sociétés pour chaque exercice.

La période de récupération (Payback Period) : Un indicateur couramment associé au taux de rentabilité interne (TRI), Il s'agit du nombre d'années nécessaires pour que les flux de trésorerie futurs générés par un investissement permettent de récupérer le montant initial investi. la période de récupération (T_0) est déterminée en trouvant la valeur minimale de T qui satisfait l'équation suivante :

$$|Flux_0| \leq \sum_{i=1}^N Flux_i$$

2.2.5 Le compte de résultat

Le résultat de l'assureur dépend principalement des bénéfices ou des pertes engendrés par la gestion technique et financière de ses produits d'assurance. Si ce résultat est positif, les bénéfices seront utilisés pour renforcer les fonds propres et distribuer des dividendes aux actionnaires. En revanche, si le résultat est négatif, la perte sera absorbée par les fonds propres de l'assureur.

Un compte de résultat est donc un récapitulatif des revenus et des dépenses liés à une période comptable donnée. À la différence du bilan comptable qui présente le patrimoine cumulé de l'entreprise depuis sa création, le compte de résultat résume les performances financières d'un exercice comptable. L'analyse du compte de résultat permet de mesurer la rentabilité d'une entreprise, c'est-à-dire dans quelle mesure la compagnie d'assurance réalise un bénéfice ou une perte grâce à son activité. La rentabilité se définit comme le rapport entre les résultats obtenus par l'entreprise et les moyens utilisés pour atteindre ces résultats, à savoir les indicateurs déjà établies précédemment.

Le compte de résultat se décompose en trois principales parties, qui permettent de calculer le résultat brut avant impôt : le résultat technique, le résultat financier et le résultat administratif, et il reflète les diverses marges générées par l'assureur, même si elles ne sont pas toutes explicitement présentées dans le compte de résultat.

Un compte de résultat comprend généralement les éléments suivants :

Compte de Résultat	
Solde de souscription	Primes (+) Charges de prestations (-) Charges de Provisions Techniques (-) Intérêts et Participation incorporés aux PM (+) Ajustements ACAV ⁴ (+/-)
Coûts	Frais d'acquisition (-) Frais d'administration (-) Autres coûts (-)
Solde financier	Produits Financiers nets (+) Intérêts et participation aux bénéfices (-)
Solde de réassurance	Primes cédées (-) Charges de prestations cédées (+) Commissions de réassurance (+)
= Résultat d'assurance avant impôts	

TABLE 2.1 – Compte de résultat simplifié d'une assurance vie

Nous allons explicités maintenant les différents types de marges :

Marge technique :

Elle est liée à la construction actuarielle de la provision mathématique, et elle peut se considérer comme la rémunération technique de l'assureur, elle peut se voir par la relation suivante :

$$MT = (PF - CT) - PB \text{ technique}$$

MT : La marge technique nette de réassurance

PT : représente les produits techniques, qui correspondent aux primes pures. Ces primes sont calculées en déduisant les frais de gestion des primes perçues par la société d'assurance.

CT : désigne les charges techniques, qui incluent les prestations versées pour les sinistres survenus au cours de l'année comptable. Elles sont constituées des sinistres auxquels est ajoutée la variation des PT.

Marge financière :

Elle a pour objet de déterminer le résultat de l'assureur en termes de produits financiers, Dans notre modèle, la marge financière est calculée en soustrayant de produits financiers provenant des placements des produits techniques (PT) ,la participation aux bénéfices financières ainsi que les intérêts techniques distribués aux assurés.

Marge de gestion :

La marge de gestion englobe tous les frais liés au fonctionnement de la compagnie, tels que les frais d'acquisition des contrats, les frais d'administration, les frais de gestion des sinistres, les frais de gestion financière et les commissions versées aux apporteurs. Ces frais sont considérés comme des charges dans le compte de résultat. En principe, ces charges sont entièrement couvertes par la marge technique comptable. Cependant, il peut y avoir un écart entre les deux marges. La répartition des frais par produit peut alors être utilisée comme un outil de gestion pour analyser les gains ou pertes techniques liés à cette différence éventuelle de marge.

Marge sur la garantie plancher :

Elle représente la différence entre la prime associée à la garantie plancher et les produits financiers générés par le placement de cette prime, tout en prenant en compte la diminution du capital supplémentaire versé en cas de décès dans le cadre de la garantie plancher.

Marge de réassurance :

La marge de réassurance correspond à la différence entre les primes cédées au réassureur pour la garantie plancher en cas de décès et les charges supportées par le réassureur en cas de décès.

Marge sur les fonds propres :

La marge sur MSR (Marge de Solvabilité Minimum) correspond au flux de MSR récupérée par l'assureur, c'est-à-dire les fonds propres réglementaires, additionné des intérêts générés par le placement de ce capital réglementaire.

2.3 Le modèle de projection

Afin d'accomplir l'objectif de notre mémoire, qui consiste à calculer la rentabilité du produit visé, nous allons soigneusement définir le modèle que nous appliquerons pour obtenir les résultats souhaités. Notre approche repose sur un processus de modélisation qui s'articule autour de trois phases conventionnelles : les inputs, l'unité de calcul et les outputs. Ce modèle, basé sur un processus rigoureux, nous permettra d'évaluer la rentabilité attendue avec précision, ces différentes phases peuvent être résumées de la manière suivante :

2.3.1 Inputs

Les bases de la construction du modèle sont les paramètres en entrée qui génèrent tous les résultats. Elles comprennent les caractéristiques de modélisation du passif et de l'actif à projeter. Du point de vue de l'actif, elles décrivent la composition du portefeuille en actifs, comprenant les OPCVM en actions obligataires et aussi diversifiés, Pour le passif, elles comprennent les données portefeuille, les hypothèses sur les comportements des assurés (rachats, profils..) et les tables actuarielles.

Ces paramètres d'entrée se divisent en plusieurs parties. D'une part, ceux liés au portefeuille, tels que les primes, les taux de chargement, de gestion et les commissions. D'autre part, ceux liés aux valeurs liquidatives des OPCVM , à noter que leur projection constitue une partie délicate et on a réservé le chapitre suivant pour son traitement, sans oublier les hypothèses financières comprennent le taux d'inflation, le taux d'actualisation, le taux de rendement des actifs (taux forward) et les marges financières et de solvabilité. Il convient également de prendre en compte les hypothèses actuarielles, telles que le taux d'évolution des cotisations, les règles de redistribution, le taux technique de provisionnement, ainsi que les lois de rachat.

En résumé, les inputs constituent les paramètres d'entrée qui définissent la structure du modèle et permettent de projeter les résultats.

2.3.2 Unité de calcul

C'est la composante essentielle où nous effectuerons toutes les projections liées aux primes, aux provisions et aux charges des sinistres en utilisant les données d'entrée telles que les lois de comportement des assurés et la répartition du portefeuille.

2.3.3 Outputs :

En ce qui concerne les résultats, ils représentent l'ensemble des calculs effectués jusqu'à l'horizon de projection souhaité. Grâce à ces flux, nous serons en mesure d'estimer nos indicateurs mentionnés précédemment.

Projection d'actifs

Dans notre mémoire, nous nous focalisons sur l'étude de la rentabilité d'un produit de contrat multisupport. Comme mentionné précédemment, cette étude implique l'utilisation de divers indicateurs. Pour cela, nous nous appuyons sur un modèle prospectif présenté dans le chapitre précédent. Ce modèle nous permet de projeter les flux et les résultats tout au long de l'horizon de projection afin de calculer les indicateurs appropriés.

Il convient de souligner que les contrats multisupport comportent une partie particulièrement délicate, à savoir les unités de compte. Ainsi, la projection rigoureuse et précise de cette partie, qui représente la composante de l'actif, est essentielle. C'est précisément l'objectif de ce chapitre.

Nous exposons donc deux modèles que nous avons employés pour mener les simulations indispensables à la projection des actifs, à savoir le modèle de Black-Scholes et le modèle de sauts Black-Scholes-Merton.

Nous devons utiliser la méthode de Monte Carlo pour effectuer ces simulations, ce qui rend nécessaire son introduction.

3.1 Méthode de Monte Carlo

La méthode de Monte Carlo est une approche utilisée pour résoudre divers problèmes mathématiques en simulant les fluctuations du cours d'un actif sous-jacent. Elle repose sur l'utilisation de processus aléatoires pour effectuer des calculs numériques. En tant que méthode de simulation, elle nécessite un modèle de simulation de base pour prédire l'évolution future des actifs. Dans notre cas, nous utilisons des simulations pour modéliser le comportement d'une action et obtenir la distribution du cours de cette action. Cela nous permettra d'estimer la provision mathématique du support à la fin de chaque année. Étant donné que la méthode de Monte Carlo repose sur la discrétisation d'équations différentielles stochastiques, nous pouvons estimer le coût d'une garantie en simulant un grand nombre de trajectoires. Cette approche nous permet d'obtenir une estimation statistique du coût attendu de la garantie. En résumé, la méthode de Monte Carlo nous permet d'utiliser des processus aléatoires pour simuler l'évolution des actifs et obtenir des estimations numériques pour des problèmes tels que l'évaluation de provisions mathématiques ou le coût de garanties.

Dans notre étude, la méthode de monte Carlo sera utilisé l'implémentation d'un scénario central de l'évolution des actifs financiers , et enfin le calcul de la NBV

3.2 Méthode de Black and scholes

Dans un premier temps, nous avons opté pour un cadre résolument simplifié. Nous effectuons une simulation d'un sous-jacent dont le prix suit un modèle de Black-Scholes.

3.2.1 Dynamique du sous-jacent

Le modèle de Black Scholes (BS) est un modèle qui décrit le mouvement d'un actif financier en utilisant un processus stochastique appelé mouvement brownien géométrique. Un processus suit le modèle de BS s'il suit la dynamique stochastique suivante :

$$dS_t = \mu S_t dt + \sigma dB_t \quad (3.1)$$

où :

- S_t est le prix de l'actif sous-jacent à l'instant t ,
- μ est le taux d'intérêt sans risque,
- σ est la volatilité du prix de l'actif,
- B_t est un mouvement brownien standard.

Elle admet comme solution en utilisant le lemme d'itô :

$$S_t = S_0 \times \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma Z_t\right) \quad (3.2)$$

Par conséquent, le rendement de l'actif entre t et t+h vaut :

$$\frac{S_{t+h}}{S_t} = \frac{S_0 \times \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right) \times (t+h) + \sigma Z_{t+h}\right)}{S_0 \times \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)t + \sigma Z_t\right)} \quad (3.3)$$

De plus, comme Z_{t+h} et Z_t sont des mouvements browniens standards, la différence $Z_{t+h} - Z_t$ est de même loi que Z_h . Ceci nous amène à :

$$\frac{S_{t+h}}{S_t} = \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)h + \sigma Z_h\right)$$

Qui n'est d'autre qu'une variable aléatoire log-normale indépendante de t, de moyenne $\mu - \sigma^2/2$ et de variance σ^2 . Nous poserons par la suite :

$$r(h) = \ln\left(\frac{S_{t+h}}{S_t}\right) = \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)h + \sigma Z_h$$

Hypothèses du modèle

- Le cours de l'actif sous-jacent S_t suit un mouvement brownien géométrique avec une volatilité σ constante ;
- Les trajectoires des cours de pris sous jacent sont continue ;
- La distribution des rendements du cours est normal ;
- L'absence d'opportunité d'arbitrage et de coût de transaction et d'impôts.

3.2.2 Estimation des paramètres du modèle de Black-Scholes

Pour un échantillon x_1, \dots, x_n iid de rendements, la vraisemblance du rendement sur une période de ce modèle s'écrit :

$$L(x_1, \dots, x_n, \mu, \sigma^2) = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x_i - \mu + \sigma^2/2)^2}{2\sigma^2}\right)$$

Cette écriture nous permet de trouver les estimateurs de maximum de vraisemblance pour μ et σ^2 :

$$\mu = \bar{x} + \sigma^2/2 \quad \text{et} \quad \sigma^2 = \text{var}(x)$$

3.2.3 Application du modèle de Black and scholes

Dans le but de modéliser la dynamique des cours des actions, notre choix s'est porté sur l'indice MASI. Cette décision découle de plusieurs facteurs. Tout d'abord, l'indice MASI offre une représentation globale de l'évolution du marché marocain, ce qui en fait une référence pertinente à long terme. De plus, étant donné que le produit étudié n'a qu'une seule année d'existence sur le marché, nous disposons de peu d'historique pour effectuer des analyses basées sur des données spécifiques à ce produit. Par conséquent, l'utilisation de l'indice MASI permet de combler cette lacune en utilisant un référentiel plus large. En outre, l'indice MASI est connu pour avoir connu d'importantes variations, ce qui en fait un choix approprié pour modéliser les fluctuations potentielles des cours des actions.

Nous disposons d'un ensemble de données comprenant des observations quotidiennes des cours de l'indice boursier MASI sur une période s'étendant du 14 mars 2013 au 14 mars 2023. Ces observations sont effectuées sur 5 jours par semaine, ce qui correspond à un total de 2488 valeurs boursières. Le graphique ci-dessous illustre l'évolution de ces valeurs au fil du temps. Il est important de noter que l'unité utilisée pour représenter cette évolution est le jour.



FIGURE 3.1 – Evolution de l'indice MASI du 14 mars 2013 au 14 mars 2023

A partir de ces cours, nous obtenons les rendements journaliers du MASI en appliquant la formule suivante :

$$R_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right)$$

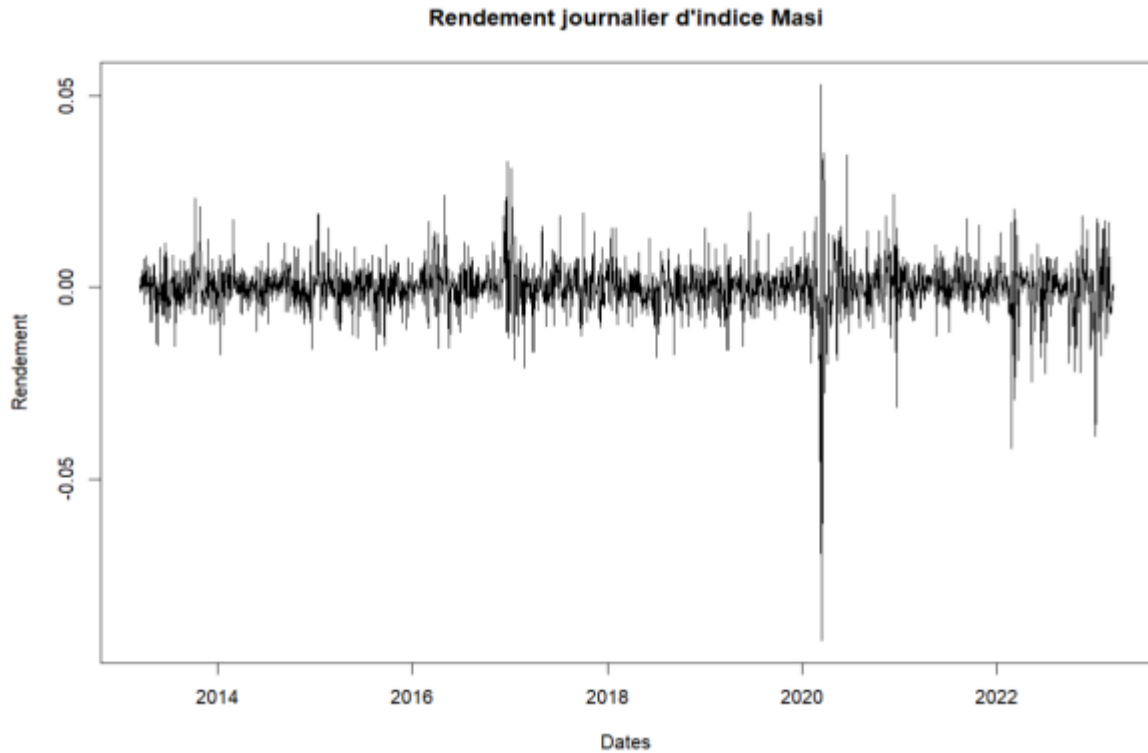


FIGURE 3.2 – Evolution du rendement journalier du 14 mars 2013 au 14 mars 2023

D'après cette représentation du rendement, il était observable que l'année 2020 a connu une fluctuation inattendue par rapport aux autres années.

Test d'hypothèse de la normalité :

Pour appliquer le modèle Black-Scholes à notre indice, il est nécessaire de tester l'hypothèse de la normalité des rendements logarithmiques du cours. Cette hypothèse constitue la base fondamentale du modèle Black-Scholes. Afin de réaliser ce test, nous utiliserons le test de Shapiro-Wilk en s'appuyant sur le langage de programmation R.

Les hypothèses du test de Shapiro-Wilk sont les suivantes :

Hypothèse nulle : l'échantillon suit une loi normale.

H_1 : l'échantillon ne suit pas une loi normale

Le résultat du test sous R est le suivant :

```
> shapiro.test(masi$r)

      Shapiro-wilk normality test

data:  masi$r
W = 0.85124, p-value < 2.2e-16
```

FIGURE 3.3 – Test de normalité des rendements logarithmiques MASI

Nous constatons que la p-value est très petite ($p\text{-value} \ll 5\%$). Par conséquent, nous rejetons l'hypothèse nulle (H_0) et concluons que la modélisation des cours journaliers de l'indice MASI à l'aide du modèle Black-Scholes n'est pas appropriée.

Pour résoudre cette problématique, il a été décidé de procéder à la modélisation mensuelle de l'indice MASI. Le graphique ci-dessous illustre les observations mensuelles de l'indice MASI sur la période s'étendant du 1er mars 2013 à mars 2023.



FIGURE 3.4 – Historique des prix d'indice MASI

Le rendement mensuel est représenté par le graphique suivant :

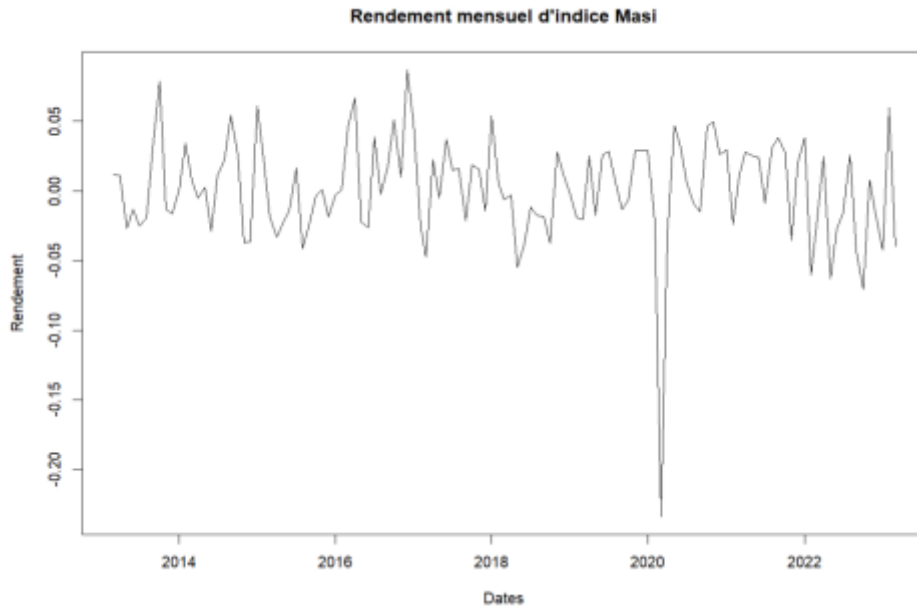


FIGURE 3.5 – Evolution du rendement mensuel d'indice MASI

Nous avons procédé à nouveau au test de stationnarité sur les rendements mensuels de Masi et nous avons constaté une fois de plus que la normalité des rendements n'était pas vérifiée.

```
> shapiro.test(masim$r)

Shapiro-Wilk normality test

data:  masim$r
W = 0.87856, p-value = 1.638e-08
```

FIGURE 3.6 – Test de stationnarité sur les rendements mensuels MASI

Nous avons donc émis l'hypothèse que cela était dû à la période de la pandémie de COVID-19. Par conséquent, nous avons décidé de réajuster l'intervalle des rendements que nous allons utiliser, en excluant la période pendant laquelle il y a eu un saut inattendu. L'intervalle choisi s'étend alors de mars 2013 à février 2020. Nous trouverons alors :

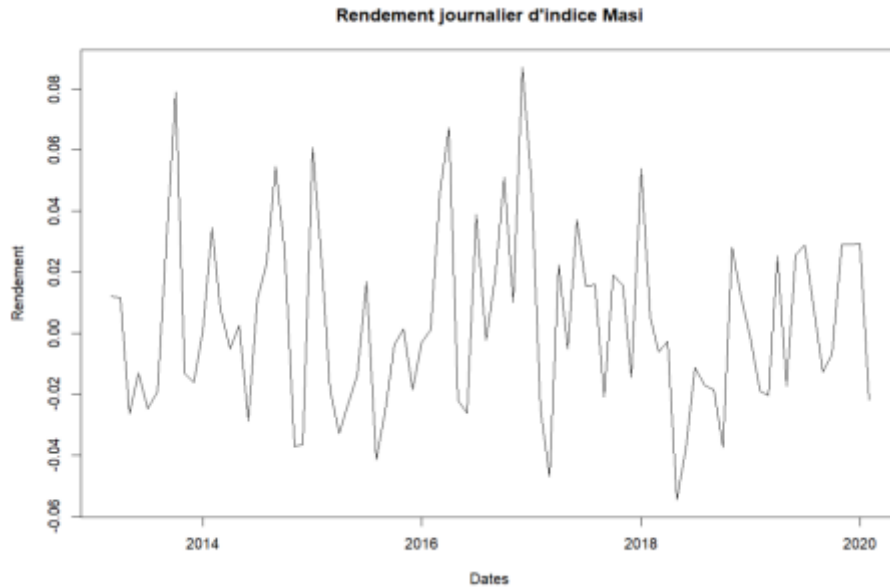


FIGURE 3.7 – Rendement journalier d'indice MASI

Avant de tester la normalité de notre échantillon de données, faisant une brève analyse descriptive.

moyenne	Ecart type	Skewness	Kurtosis
0.00377008	0.0296115	0.5352277	2.92193319

Et en réalisant le test de Jarque-Bera pour s'assurer de la stationnarité des rendements, les résultats obtenus sont comme suit :

```
> jarque.bera.test(masim$r[1:84])
```

Jarque Bera Test

```
data: masim$r[1:84]
```

```
X-squared = 4.0319, df = 2, p-value = 0.1332
```

FIGURE 3.8 – Analyses descriptives de l'échantillon, test de stationnarité des rendements

Étant donné que la p-value est supérieure à 5%, nous acceptons l'hypothèse nulle (H_0) qui stipule la stationnarité des rendements de l'indice Masi. Cette première analyse du rendement, ainsi que la statistique de Jarque-Bera, nous laissent supposer que notre échantillon suit une distribution normale. En recalculant maintenant le test de normalité de Shapiro-Wilk, les résultats obtenus sont les suivants :

```

> shapiro.test(masim$r[1:84])

      Shapiro-wilk normality test

data:  masim$r[1:84]
W = 0.97357, p-value = 0.08126

```

FIGURE 3.9 – Test de normalité sur les rendements MASI

La constatation d'une valeur de p-value considérablement élevée nous conduit à la conclusion que nous sommes en mesure d'accepter l'hypothèse de normalité des rendements logarithmiques. Par conséquent, la modélisation des cours mensuels de l'indice MASI à l'aide du modèle Black-Scholes est justifiée et peut être entreprise.

Un autre moyen de vérifier visuellement la conformité de notre échantillon à une distribution normale consiste à se référer au graphique quantile-quantile (Q-Q)

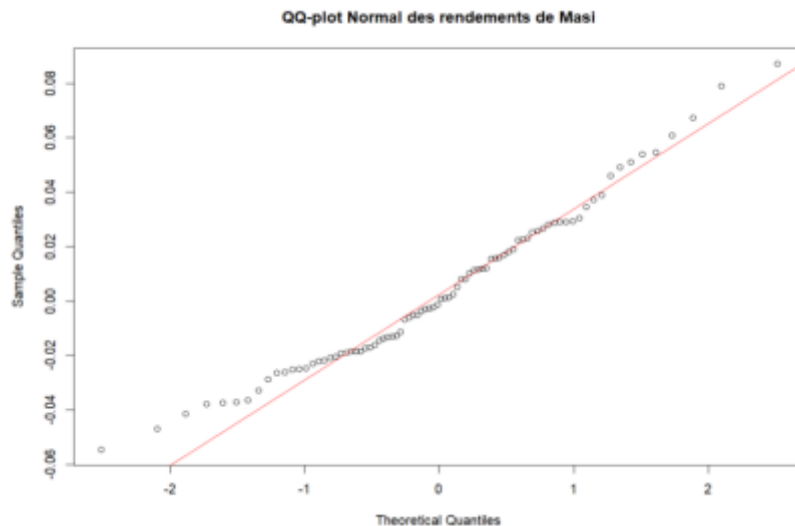


FIGURE 3.10 – Rendement QQ Plot des rendements logarithmiques MASI

Nous constatons que les points du graphique Q-Q sont quasiment superposés à la première bissectrice du plan, ce qui suggère visuellement que la distribution des rendements est similaire à celle d'une loi normale. Il convient de noter que nous avons choisi de modéliser nos actions en utilisant les rendements mensuels, car leur distribution est beaucoup plus proche de celle d'une loi normale que celle des rendements quotidiens.

Estimation des paramètres μ et σ :

En se basant sur la série sélectionnée des rendements mensuels et en effectuant des ajustements pour passer des rendements mensuels aux rendements annuels, les résultats suivants sont obtenus pour les estimateurs des paramètres théoriques :

- La moyenne des rendements annuels : $\mu - \sigma^2/2 = 0.04524096$
- La volatilité des rendements annuels : $\sigma = 0.1025773$

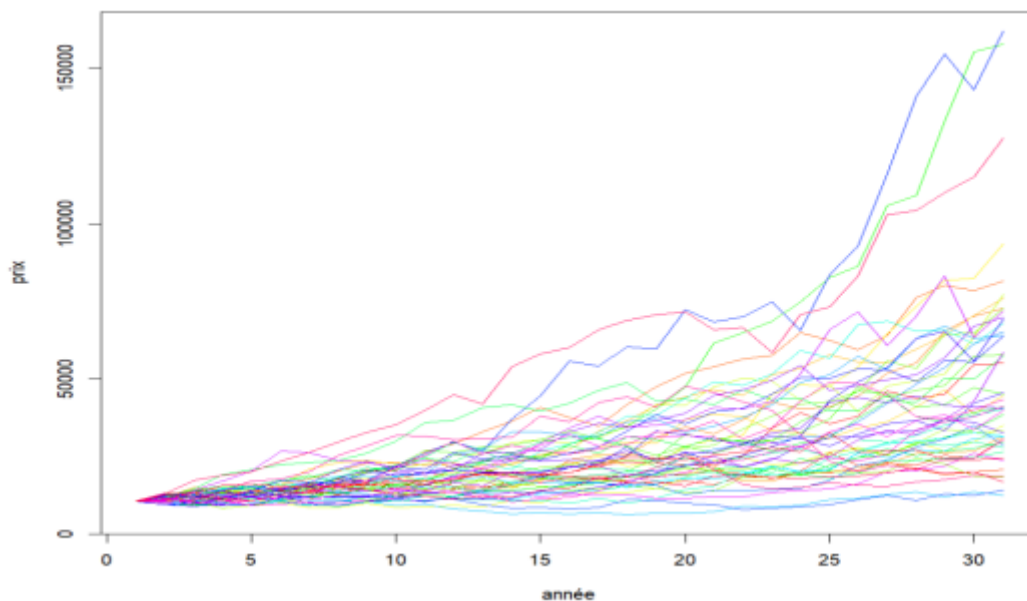
Simulation de la trajectoire du cours des actions :

On vise à effectuer des simulations des trajectoires du cours de notre fonds d'actions sur une période de projection de 30 ans en utilisant la méthode de Monte-Carlo. Avant de procéder à ces simulations, et étant donné que le processus représentant le cours des actions est continu, il est nécessaire de le discrétiser de manière exacte. Ainsi, pour un mouvement brownien géométrique et en choisissant t comme pas de discrétisation, nous obtenons la formule de discrétisation suivante :

$$S_{t+\Delta t} = S_t \exp\left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2}\right)\Delta t + \sigma\epsilon\sqrt{\Delta t}\right)$$

En utilisant epsilon comme une variable aléatoire gaussienne centrée réduite, nous procédons à 1000 simulations de trajectoires sous R sur une période de 30 ans. Cela nous donne 1000 vecteurs de rendements annuels sur 30 ans. Pour le scénario central, nous prenons la moyenne de ces simulations comme série de référence.

Le graphique suivant présente 50 simulations des prix des actions sur une période de 30 ans, en prenant comme prix initial le prix de l'indice MASI au 1er mars 2013.



Limites du modèle

Le modèle de Black Scholes, malgré son utilité, présente des limitations face à la réalité du marché financier. En effet, il ne prend pas en compte toutes les données économiques observées ni les variations soudaines des cours des actifs liées à l'arrivée d'informations, qu'elles soient positives ou négatives.

Pour remédier à cela, Merton (1976) et Zeng (1998) ont proposé de modéliser ces variations en utilisant des processus à sauts. Ces processus permettent de prendre en compte les mouvements brusques des cours des actifs.

3.3 Modèle de Merton

L'objectif est maintenant de trouver un modèle généralisant le modèle de Black Scholes, et qui tiendrait compte de l'arrivée d'informations impactant le cours de l'actif. Le modèle à sauts gaussiens de Merton, développé par Robert Merton en 1976, est une combinaison de deux composantes : la diffusion et les sauts. La composante de diffusion est similaire au modèle classique de Black Scholes, tandis que la composante des sauts est représentée par un processus de Poisson composé.

3.3.1 Présentation du modèle

Nous nous intéressons à un marché financier où coexistent un actif sans risque et un actif risqué dont le prix, noté S_t , présente des sauts relatifs U_1, U_2, \dots, U_j aux instants $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_j$. Entre deux instants de sauts, le prix de l'actif risqué suit le modèle de Black Scholes.

Nous allons examiner deux processus :

- Z_t qui est un processus standard de Wiener, ce qui signifie que Z_t suit une loi normale $N(0,t)$ et présente des accroissements indépendants et stationnaires.
- N_t est un processus standard de Poisson d'intensité λ . Il compte le nombre de sauts survenus avant l'instant t .

Les propriétés fondamentales d'un processus de Poisson garantissent que N_t présente des accroissements indépendants et stationnaires. La famille de sauts (U_j) avec $j \geq 1$ est une suite de variables aléatoires indépendantes et identiquement distribuées.

Les tribus engendrées par les processus (Z_t) , (N_t) et (U_j) sont indépendantes.

Soit S_t le prix de l'actif risqué, sur l'intervalle de temps $[\tau_j; \tau_j + 1]$

on peut poser :

— sur l'intervalle de temps $[\tau_j; \tau_j + 1]$

$$\frac{dS_t}{S_t} = \mu dt + \sigma dZ_t \Rightarrow S_t = S_0 \exp \left(\left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) t + \sigma Z_t \right)$$

— A l'instant j , le saut de d'amplitude U_j vérifie

$$\Delta S_{\tau_j} = S_{\tau_j} - S'_{\tau_j-} \Leftrightarrow S_{\tau_j} = (1 + U_j) \times S_{\tau_j-}$$

En raisonnant par récurrence, La dynamique du rendement de S_t est alors donnée par :

$$S_t = S_0 \times \left(\prod_{i=1}^{N_i} (1 + U_i) \right) \exp \left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma Z_t \right)$$

Et on pose :

$$S_t = S_0 \times \left(\prod_{i=1}^{N_i} Y_i \right) \exp \left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma Z_t \right)$$

Avec :

$$Y_i = \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ si } N_t = 0 \\ 1 + U_i \end{array} \right\}$$

Et en posant $X_i = \ln(Y_i)$, on aura :

$$S_t = S_0 \times \exp \left(\left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) t + \sigma Z_h + \sum_{i=1}^{N_h} \ln Y_i \right)$$

On s'intéressera après au le log-rendement de l'actif risqué R_h sur un intervalle de longueur h , $[t, t + h]$, on a :

$$r(t, t + h) = \left(\mu - \frac{1}{2} \sigma^2 \right) h + \sigma Z_h + \sum_{i=1}^{N_h} \ln(i).$$

Le terme $\sum_{i=1}^{N_h} \ln(Y_i)$ représente les sauts de rendement sur la période $[t, t + h]$ dans le modèle à sauts, ce qui correspond aux informations provenant du marché qui ont une influence sur le cours de l'actif risqué. C'est précisément cette partie qui différencie le rendement du modèle à sauts du rendement prédit par le modèle de Black Scholes.

Nous allons supposer Les sauts ici, dans un souci de simplicité, symétriques et en moyenne nuls Ainsi, nous faisons l'hypothèse suivante sur la loi des sauts :

$$Y_i \rightarrow \text{log normale } (0, \Omega^2) \Leftrightarrow \ln Y_i \rightarrow \text{normale } (0, \Omega^2)$$

Cette hypothèse nous permet de simplifier les calculs suivants en limitant le nombre de paramètres à 4 .

3.3.2 Estimation des paramètres

Nous allons maintenant estimer les paramètres nécessaires pour définir complètement le modèle de Merton. Pour ce faire, nous utiliserons la méthode des cumulants, qui nous fournira une première estimation pour l'ordre de grandeur des paramètres puis une estimation par maximum de vraisemblance locale dans laquelle les estimateurs des moments servent de valeurs initiales des algorithmes d'optimisation.

— **Estimation par la méthode des cumulants :**

Cette méthode consiste à égaliser les cumulants théoriques avec les cumulants empiriques des log-rendements, qui conduit ensuite à un système d'équations non linéaires à 4 inconnues permettant d'obtenir les paramètres.

Cette méthode d'estimation se fait par les étapes suivantes : On doit tout d'abord calculer les moments empiriques, tels que la moyenne, la variance et les moments d'ordre supérieur, sachant que la formule des moments s'écrit sous la forme suivante :

$$E(r - m)^{2k} = \frac{2k!}{2^k k!} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\lambda^n \exp(-\lambda)}{n!} (\sigma^2 + n\Omega^2)^{2k}$$

Après avoir calculé les moments empiriques à partir des log-rendements observés, nous calculons les cumulants empiriques. Dans le cas spécifique du modèle de Merton avec des sauts supposés symétriques, les moments et les cumulants impairs sont nuls. Ainsi, les équations du système d'égalisation des cumulants sont simplifiées et ne nécessitent pas de résolution algorithmique complexe.

Les équations simplifiées sont les suivantes :

$$\begin{aligned} C_1 &= \left(\mu - \frac{\sigma^2}{2} \right) h \\ C_2 &= (\sigma^2 + \lambda\Omega^2) h \\ C_4 &= 3\lambda\Omega^4 h \\ C_6 &= 15\lambda\Omega^6 h \end{aligned}$$

D'où on aura :

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{C_1}{h} + \frac{1}{2} \left(\frac{C_2}{h} - \frac{C_4}{3h} \frac{5C_4}{C_6} \right) \\ \sigma^2 &= \frac{C_2}{h} - \frac{C_4}{3h} \frac{5C_4}{C_6} \\ \lambda &= \frac{25C_4}{3h} \left(\frac{C_4}{C_6} \right)^2 \\ \Omega^2 &= \frac{1}{5} \frac{C_6}{C_4} \end{aligned}$$

— **Estimation par maximum de vraisemblance :**

En utilisant la méthode des cumulants, nous avons pu obtenir un ensemble initial d'estimateurs pour les paramètres du modèle. Par la suite, nous utiliserons cet ensemble comme valeur initiale pour déterminer le maximum local de la vraisemblance dans sa proximité.

Notons l'expression de la vraisemblance :

$$L(x_1, \dots, x_n, \lambda, \mu, \sigma^2, \Omega^2) = \prod_{i=1}^n f_r(x_i) = \prod_{i=1}^n \frac{\exp(-\lambda)}{\sqrt{2\pi}} \sum_{k=0}^{\infty} \left[\frac{\lambda^k}{k! \sqrt{(\sigma^2 + \Omega^2)}} \times \exp - \frac{(x_i - \mu + \frac{\sigma^2}{2})^2}{2(\sigma^2 + k\Omega^2)} \right]$$

Ainsi pour trouver les paramètres qui maximisent la vraisemblance, nous allons utiliser trois méthodes différentes d'optimisation des problèmes non linéaires, à savoir la méthode BFGS, SANN, et Nelder-Mead, et nous allons comparer par la suite entre eux et choisir la plus efficace pour notre modèle.

3.3.3 Application du modèle de Merton

Comme mentionné précédemment, les fluctuations abruptes observées dans les rendements de l'indice Masi ont posé un problème pour l'estimation. Afin de remédier à cette situation, nous avons proposé l'utilisation du modèle de sauts de Merton. Ce modèle offre la capacité de détecter les sauts qui se produisent dans les rendements. Par conséquent, nous avons une fois de plus utilisé l'historique de l'indice Masi du 1er mars 2013 au mars 2023, cette fois en utilisant les rendements quotidiens. Cette approche nous permet de contourner l'hypothèse de normalité ou de stationnarité, et ainsi estimer les paramètres associés.

Nous avons trouvés la densité des rendements de l'indice présentés ainsi :

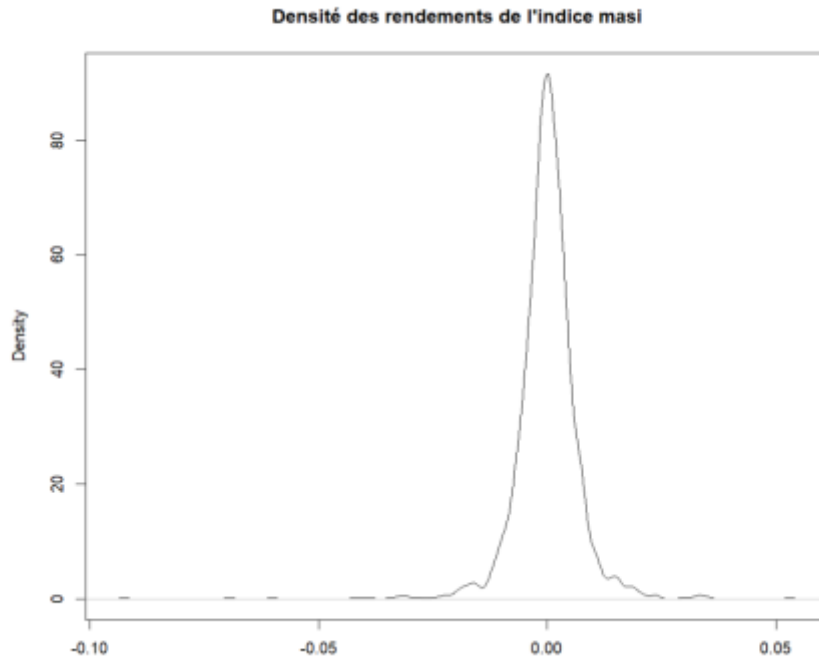


FIGURE 3.11 – Densité des rendements de l'indice MASI

Estimation des paramètres

Conformément à l'exposé précédent, la phase d'estimation des paramètres du modèle de Merton présente une certaine complexité et se déroule en deux étapes distinctes. La première étape consiste en une initialisation utilisant la méthode des cumulants, tandis que la deuxième étape repose sur l'estimation par Maximum de vraisemblance.

Méthode des cumulants :

Nous avons identifié les valeurs suivantes comme estimateurs initiaux :

μ	0.04407614
σ	0.08815228
λ	3.88013253
μ_j	0.03287435

TABLE 3.1 – Estimateurs initiaux du modèle

Le graphique ci-dessous présente une comparaison entre la densité de la distribution des rendements initiaux et celle estimée à l'aide de la méthode des cumulants :

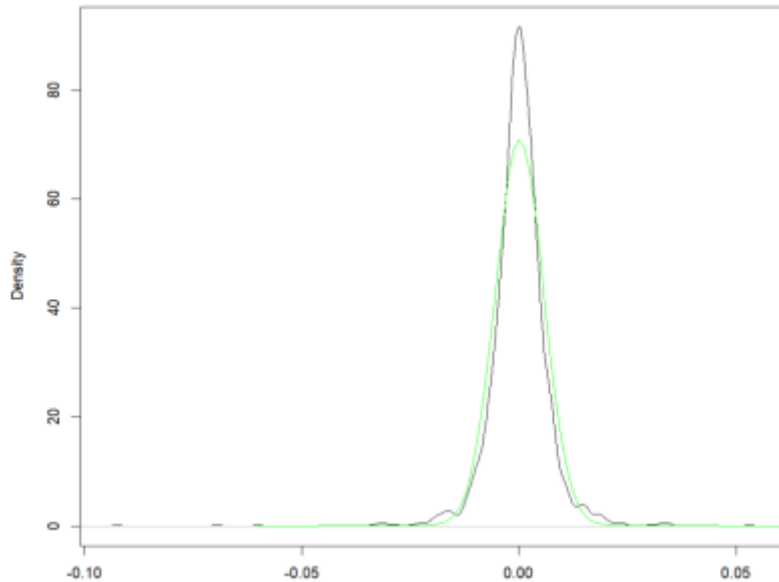


FIGURE 3.12 – Densité de la distribution des rendements initiaux et celle estimée à l'aide de la méthode des cumulants

Méthode maximum de vraisemblance

Par conséquent, nous choisissons de calculer ces estimateurs par maximum de vraisemblance en utilisant trois méthodes numériques distinctes : BFGS, Nelder-Mead et la méthode de SANN. Les détails de ces méthodes sont explicités dans l'annexe. Voici les résultats obtenus :

μ	0.03844574
σ	0.06570796
λ	40.01250260
μ_j	3.44499335

TABLE 3.2 – Méthode de Nelder-Mead

μ	0.03886481
σ	0.06592020
λ	42.48722325
μ_j	0.01265685

TABLE 3.3 – Méthode de BFGS

μ	0.04411828
σ	-0.08287411
λ	3.70392235
μ_j	0.02416845

TABLE 3.4 – Méthode de SANN

Comparaison entre la densité des rendements réels et celle estimée par les différents modèles

Par la suite, afin de garantir la validité des paramètres que nous avons choisis, une comparaison a été effectuée entre les densités des rendements observés et celles obtenues avec les paramètres estimés pour chaque méthode.

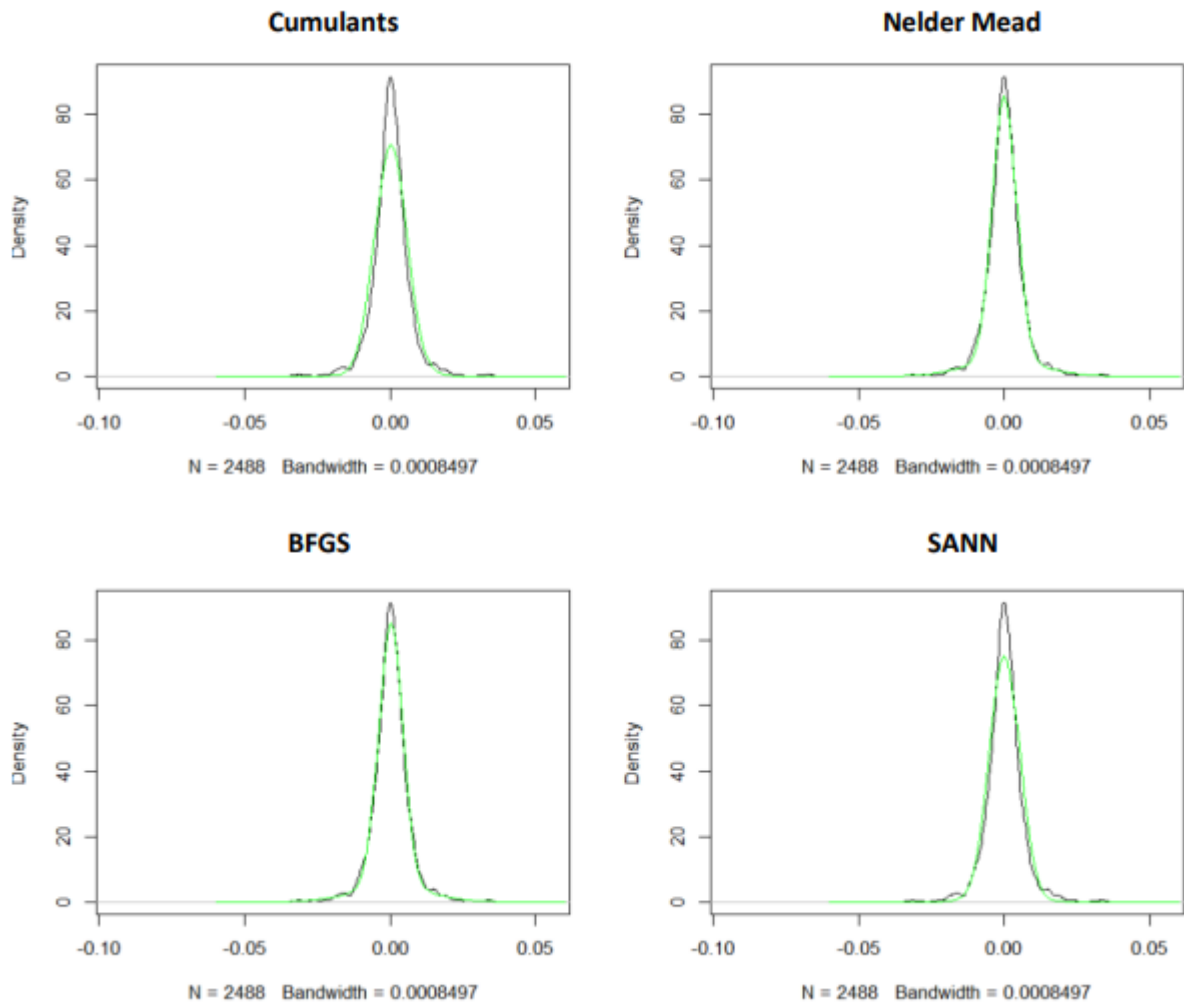


FIGURE 3.13 – Densité des méthodes

Estimateur de CVRMSE

Estimateur de CVRMSE est un estimateur utilisé pour évaluer la précision d'un modèle de prédiction. Il mesure la variabilité des erreurs relatives entre les valeurs prédites et les valeurs observées

Il s'écrit sous la forme :

$$CVRMSE = \left(\frac{RMSE}{\text{Moyenne des valeurs observées}} \right) \times 100$$

On a trouvé :

Modèle	CVRMSE
Black and scholes	1.096467
Merton_Nelder Mead	0.006767056
Merton_BFGS	0.006873965
Merton_SANN	0.7483868

TABLE 3.5 – Comparaison entre les paramètres des modèles

En se basant sur ces résultats, on peut conclure que le modèle "Merton_Nelder Mead" et le modèle "Merton_BFGS" ont la meilleure précision parmi les quatre modèles, avec des valeurs de CVRMSE très proches (0.006767056 et 0.006873965 respectivement), suggérant un niveau similaire de performance. Cependant Le modèle Black and Scholes est nettement moins précis. Ainsi le modèle de Merton en appliquant l'estimation de ses paramètres par Nelder Mead représente la meilleure estimation des résultats.

Simulation par modèle de Merton

Le graphique illustre les résultats de 50 simulations des prix futurs projetés sur une période de 30 ans, en utilisant le modèle de Merton. Le prix initial utilisé est le prix de l'indice MASI au 1er mars 2023.

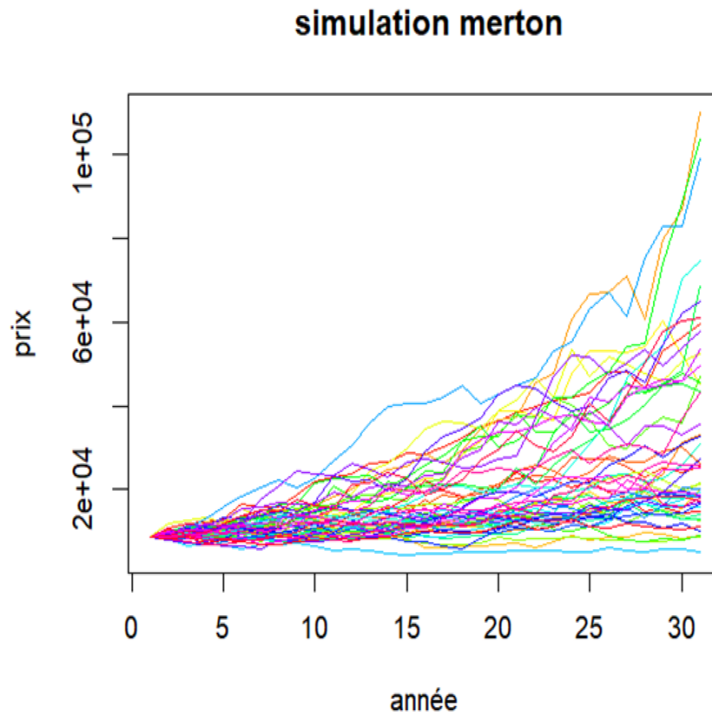


FIGURE 3.14 – Simulation par modèle de Merton

Dans le cadre de notre étude, la projection des actifs repose sur l'utilisation de deux modèles dont nous avons validé les estimations des paramètres. Cependant, il est important de noter que les contrats en unités de compte sont directement liés aux performances des marchés financiers. En conséquence, l'actualisation des flux de trésorerie futurs associés à ces contrats dépend fortement des taux d'intérêt sans risque, représentés par la courbe des zéro-coupons. Afin d'évaluer correctement notre sujet d'étude, une compréhension précise et une reconstruction efficace de cette courbe sont indispensables. Par conséquent, nous allons présenter la méthode de bootstrap, qui permettra de reconstruire la courbe des zéro-coupons.

3.4 Construction de la courbe de taux

La courbe Zéro Coupons est généralement interprétée comme représentative du taux sans risque, ce qui la rend essentielle pour actualiser les flux de trésorerie futurs. En effet, si l'on désire calculer un investissement initial nécessaire pour atteindre un montant futur spécifique avec une probabilité élevée, l'estimation la plus sûre de ce montant initial peut être obtenue en actualisant le montant futur en utilisant la courbe Zéro Coupons.

Cette courbe reflète les taux d'emprunt de l'État, généralement considéré comme un acteur sans risque. Les taux de référence pour le marché secondaire des bons du Trésor de l'État sont calculés chaque jour par la Bank Al-Maghrib en se basant sur une moyenne pondérée des taux de prêts échangés entre un ensemble prédéfini de banques.

3.4.1 Méthode de Bootstrap

La méthode du bootstrapping, également connue sous le nom de méthode de proche en proche repose sur l'hypothèse fondamentale selon laquelle les prix théoriques des titres inclus dans la courbe des taux zéro-coupon sont égaux aux prix du marché. Le prix théorique d'un titre obligataire correspond à la somme de ses flux actualisés aux taux zéro-coupon correspondant à chaque échéance.

Pour ce faire, nous utilisons les données BDT disponibles sur le site de la BAM (Banque centrale), Les taux publiés représentent des taux moyens pondérés par les prix pour chaque échéance.

Date ech	Transaction	Taux moyen pondéré	Date de la valeur
13/01/2023	200,31	0,029	03/01/2023
16/01/2023	63,01	0,029	03/01/2023
06/03/2023	123,23	0,0298	03/01/2023
13/03/2023	20,03	0,0294	03/01/2023
03/04/2023	408,04	0,031	03/01/2023
10/04/2023	4 440,00	0,0319	09/01/2023
22/05/2023	251,82	0,0294	03/01/2023
19/06/2023	34,29	0,0298	03/01/2023
05/08/2023	51,65	0,0319	03/01/2023
11/09/2023	139,17	0,0304	03/01/2023
18/09/2023	51	0,0319	03/01/2023
13/11/2023	49,81	0,032	03/01/2023
19/02/2024	793,7	0,0363	09/01/2023
02/01/2026	1 138,85	0,0298	03/01/2023
16/04/2029	118,63	0,03	30/12/2022
18/06/2029	115,57	0,0301	30/12/2022
16/06/2031	274,67	0,0313	30/12/2022
18/07/2033	317,93	0,0321	30/12/2022
17/07/2034	61,82	0,0335	30/12/2022
16/07/2035	356,46	0,0328	30/12/2022
18/08/2036	36,33	0,0337	03/01/2023
16/04/2040	15,09	0,0349	30/12/2022
19/02/2046	21,09	0,0361	30/12/2022
14/02/2050	13,91	0,0379	30/12/2022
20/02/2051	135,76	0,0361	30/12/2022

TABLE 3.6 – Taux moyens pondérés BAM

3.4.2 Interpolation de la courbe BAM

L'interpolation consiste à trouver le taux d'actualisation associé à chaque échéance T_i . Si l'échéance T_i ne correspond pas aux points d'intérêt déjà présents dans la courbe, le taux correspondant peut être déterminé en effectuant une interpolation entre deux valeurs de taux voisines à partir de la courbe des taux.

Pour calculer le taux actuariel correspondant à l'échéance T_i , qui se situe entre T_{i-1} et T_{i+1} , on utilise la méthode d'interpolation linéaire. Cette méthode est la plus simple à mettre en œuvre et elle est conforme aux pratiques du marché. La relation suivante est utilisée :

$$r_i = r_{i-1} + \left(\frac{r_{i+1} - r_{i-1}}{T_{i+1} - T_{i-1}} \right) \times (T_i - T_{i-1})$$

A noter que lorsque nous effectuons une interpolation linéaire entre deux points d'une courbe d'une fonction, nous supposons que la fonction entre ces deux points peut

être approximée par une fonction affine. En conséquence, nous construisons une courbe d'interpolation qui est formée par une succession de segments.

Nous utilisons cette méthode en nous référant à l'article 6 de la circulaire N° 02/04 publiée par Bank Al-Maghrib, qui stipule que « L'estimation de chaque taux de référence équivalent à une maturité sur laquelle la courbe des taux publiée par Bank Al-Maghrib ne donne pas d'information est effectuée par une méthode d'interpolation linéaire entre les deux maturités les plus proches pour lesquelles ladite courbe des taux mentionne un taux. ».

3.4.3 Passage du taux monétaire au taux actuariel

Les taux moyens pondérés que nous avons actuellement se distinguent en deux catégories :

1. Les taux pour des échéances inférieures à 365 jours, considérés comme des taux monétaires.
2. Les taux pour des échéances supérieures à 365 jours, qui sont des taux actuariels.

Afin d'harmoniser ces deux catégories, nous devons convertir les taux monétaires en taux actuariels en utilisant la formule suivante :

$$Ra = \left(1 + \frac{Rm \times n}{360}\right)^{\frac{365}{n}} - 1$$

Cette étape est nécessaire car les taux monétaires liés aux instruments financiers à court terme sont basés sur une année de 360 jours, alors qu'il est nécessaire de les convertir en taux actuariels basés sur une année de 365 jours. A noter que les taux monétaires ayant une échéance supérieure à 1 an sont déjà basés sur une année de 365 jours.

Maturité en Jours	Maturité en année	taux pondéré	taux actuariel
91	0,25	3,19%	3,27%
183	0,5	3,05%	3,11%
274	0,75	3,19%	3,25%
365	1	3,44%	3,44%
730	2	3,32%	3,32%
1095	3	2,98%	2,98%
1460	4	2,98%	2,98%
1825	5	2,99%	2,99%
2190	6	3,00%	3,00%
2555	7	3,04%	3,04%
2920	8	3,10%	3,10%
3285	9	3,15%	3,15%
3650	10	3,14%	3,14%
4015	11	3,27%	3,27%
4380	12	3,32%	3,32%
4745	13	3,32%	3,32%
5110	14	3,39%	3,39%
5475	15	3,42%	3,42%
5840	16	3,45%	3,45%
6205	17	3,48%	3,48%
6570	18	3,50%	3,50%
6935	19	3,52%	3,52%
7300	20	3,52%	3,52%
7665	21	3,57%	3,57%
8030	22	3,59%	3,59%
8395	23	3,61%	3,61%
8760	24	3,65%	3,65%
9125	25	3,69%	3,69%
9490	26	3,74%	3,74%
9855	27	3,78%	3,78%

TABLE 3.7 – Interpolation de la courbe BAM

3.4.4 Application de la méthode Bootstrapping

Lorsque nous considérons des périodes de plus d'un an, nous sommes confrontés au fait que des paiements d'intérêts intermédiaires (tels que des coupons détachés) sont généralement effectués, souvent de manière annuelle. Cela nécessite donc la transformation de ces taux actuariels en taux zéro coupon. Le bootstrap est une méthode utilisée pour déterminer les taux zéro coupon à partir d'instruments cotés. Elle repose sur la structure des taux d'intérêt à différents termes et fonctionne sur le principe de l'interpolation. La relation de la méthode bootstrap découle de la formule suivante :

$$1 = \frac{Cn}{(1 + Rzci)} + \frac{Cn}{(1 + Rzci)^2} + \dots + \frac{1 + Cn}{(1 + Rzcn)^n}$$

$$1 = Cn \times \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{(1 + Rzci)^i} + \frac{1 + Cn}{(1 + Rzcn)^n}$$

C_n : taux actuariel correspondant à l'échéance $n \cdot 1DH =$ coupon annuel versé à l'échéance n . Ainsi, le taux zéro-coupon correspondant à l'échéance n est :

$$R_{zcn} = \left(\frac{1 + C_n}{1 - C_n \times \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{(1 + R_{zci})^i}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

On obtient ainsi une base de taux zéro-coupon de différentes maturités, allant de 3 mois à 30 ans. La courbe zéro coupon est présentée, représentant la maturité d'une année à trente ans.

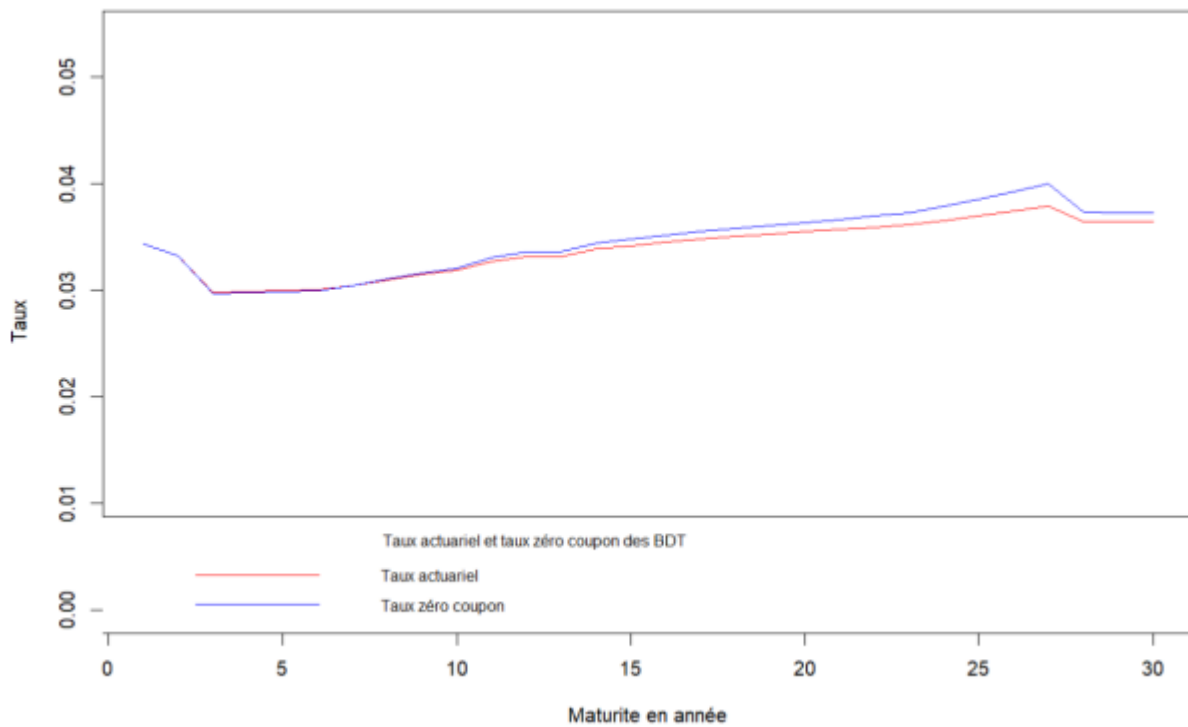


FIGURE 3.15 – Courbe zéro-coupon d'une année à trente ans

3.5 Taux Forward

La courbe des taux zéro-coupon renferme de nombreuses informations concernant les taux prévus à l'avenir. En se basant sur les taux zéro-coupon de différentes échéances, il est possible de déduire les taux forward. Cette analyse peut s'avérer particulièrement utile pour les investisseurs, car elle leur permet de prendre connaissance des attentes du marché en matière de taux d'intérêt futurs. Ces informations peuvent les aider à prendre des décisions éclairées concernant leur trésorerie ou leurs investissements. La formule suivante peut être utilisée pour ce calcul :

$$F(t_1, t_2) = \left[\frac{(1+r_2)^{d_2}}{(1+r_1)^{d_1}} \right]^{\frac{d_2}{d_2-d_1}} - 1$$

Avec : $(t_{1,2})$: Taux forward entre t_1 et t_2 ;

r_1 : Taux zéro-coupon d'échéance t_1 ;

r_2 : Taux zéro-coupon d'échéance t_2 ;

d_1 : Nombre d'années entre la date initiale et l'échéance t_1 ;

d_2 : Nombre d'années entre la date initiale et l'échéance t_2

Modèle de calcul et résultats de rentabilité

Avant d’approfondir le contenu du chapitre, il est important de mentionner que, par souci de confidentialité, toutes les informations et données présentées dans cette section du rapport ont été modifiées et personnalisées.

Ce chapitre s’articulera autour de l’élaboration des projections et se décomposera en deux sections principales. Dans un premier temps, nous allons détailler la méthodologie qui forme la base de tous nos calculs de projection, tout en détaillant le processus de prévision en utilisant le modèle prospectif que nous envisageons de mettre en place. Dans un deuxième temps, nous exploiterons les résultats issus de ces projections pour calculer les outputs du modèle, à savoir les indicateurs de rentabilité.

4.1 Structure générale de l’outil

L’estimation des divers indicateurs de rentabilité à travers cette approche prospective exige l’établissement de multiples hypothèses. Celles-ci visent à intégrer les diverses évolutions de l’environnement dans lequel le contrat opère. Ces suppositions concernent principalement l’ensemble des informations relatives au produit, l’ensemble des hypothèses financières et actuarielles, ainsi que la politique de réassurance. Par la suite, nous procédons aux calculs et aux différentes projections envisagées, étendues jusqu’à un horizon de projection de 30 ans pour notre cas. Ce processus prend en compte les différentes stratégies de l’entreprise ainsi que les lois qui déterminent le comportement des assurés.

Avant d’entamer les différentes projections à travers notre modèle, nous chercherons d’abord à fournir une description détaillée de notre produit.

4.1.1 Présentation du Produit :

Le produit sur lequel nous travaillons est un produit d'assurance-épargne qui permet au client de souscrire le contrat individuel de capitalisation à capital variable, libellé en UC et en dirhams, qui a pour objet la constitution et le service au souscripteur assuré, moyennant le versement de primes, d'un capital épargne .

Ce produit donne la possibilité au souscripteur de bénéficier de la souscription des deux garanties suivantes :

- Garantie « Plancher » : le versement au décès du souscripteur assuré d'un capital complémentaire ayant un montant maximal
- Garantie « Décès accidentel » : paiement d'un capital supplémentaire fixé aux bénéficiaires désignés en cas de décès accidentel du souscripteur assuré.

Les conditions de souscription du contrat concernent soit l'assuré lui-même, telles que son âge au moment de la souscription, soit la répartition des versements sur les différents supports proposés, avec des limites spécifiques.

Types de versements :

Le produit met à la disposition de l'assuré l'option de réaliser des versements selon trois modalités distinctes, lui permettant ainsi de choisir entre le versement d'une prime unique, de versements périodiques réguliers ou de versements exceptionnels.

Le produit offre également à l'assuré la possibilité de choisir parmi trois types de packages différents, en plus d'une formule de gestion libre. Ces packages sont définis de la manière suivante :

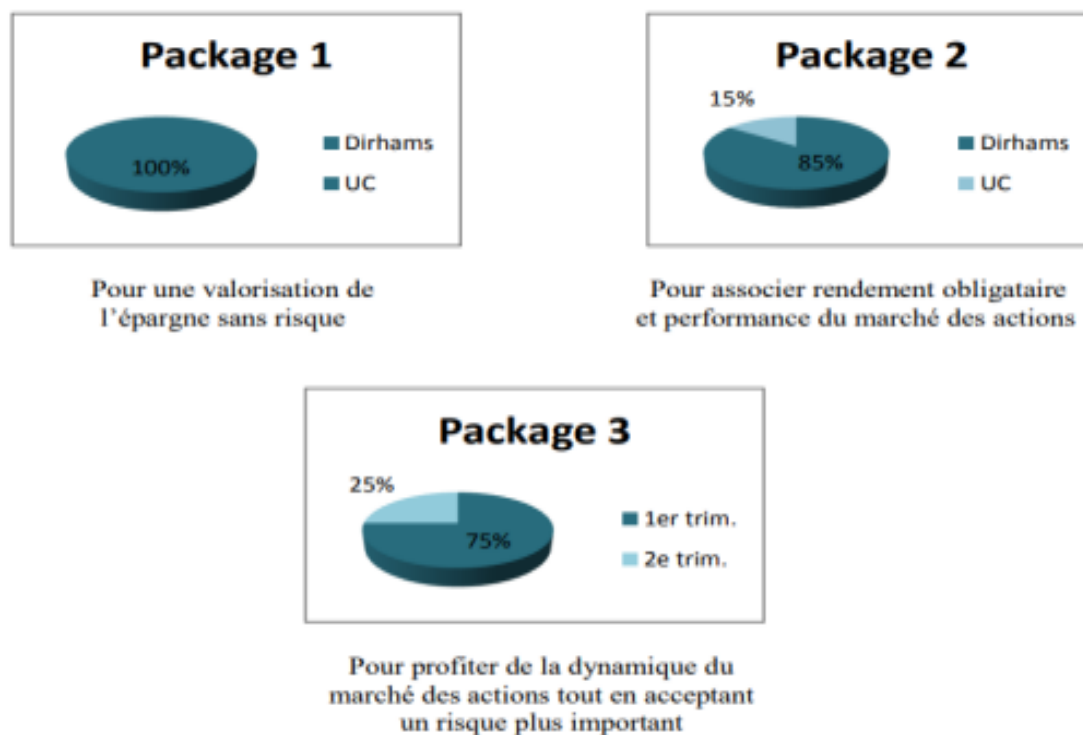


FIGURE 4.1 – Modalités de versements

Les réajustements possibles sur le contrat :

Le souscripteur-assuré est limité dans sa sélection des supports d'investissement en unités de compte uniquement parmi ceux éligibles dans le contrat. De plus, il a la possibilité de modifier les supports proposés en ajoutant de nouveaux ou en supprimant ceux existants pendant la durée du contrat.

Il est également en mesure d'effectuer des arbitrages d'épargne en fonction des supports choisis et de modifier le mode de gestion sélectionné. De plus, le souscripteur peut demander une avance sur son épargne, basée sur le support en unités de valeur, et il a le droit de procéder à un rachat partiel de son épargne, à condition de ne pas dépasser 50% du montant total.

Enfin, il est important de souligner que l'assureur peut effectuer des ajustements automatiques dans les supports en cas de gestion profilée, afin de maintenir l'équilibre et l'adéquation des investissements.

4.2 Construction de l'outil

4.2.1 Inputs du modèle

La mise en place des entrées du modèle et des hypothèses constitue un pivot fondamental de notre étude. En effet, l'ensemble de nos résultats sera déterminé par ces hypothèses, qui doivent donc être sélectionnées avec une grande précaution.

Pour établir un modèle de projection, il est essentiel de garantir que nous avons une compréhension complète des informations qui serviront de base à nos futurs calculs.

La projection s'effectue au moyen d'un processus composé de plusieurs étapes, condensé dans un outil utilisant Excel. Cet outil se compose de multiples feuilles, qui permettent de réaliser la projection. Il comprend des entrées, un moteur de calcul dédié à la projection, ainsi que des sorties.

Description du portefeuille :

Le produit que nous étudions n'a qu'une seule année sur le marché, ce qui signifie que nous disposons d'une base de données comprenant exclusivement des informations pour l'année 2022. Cette base de données du portefeuille comprend les identifications des assurés, leurs dates de naissance, la date d'activation de leur contrat, le montant de la prime et la date du versement.

Notion du modèle point :

Les Modèles points représentent des groupes spécifiques de polices d'assurance ou de contrats qui partagent des caractéristiques communes, ces caractéristiques peuvent inclure l'âge de l'assuré, le type de versement (périodique ou exceptionnel), la date d'effet du contrat, et d'autres facteurs pertinents. Chaque Modèle Point est traité comme une unité représentative au sein de laquelle les contrats partagent des caractéristiques significatives.

Dans le cadre de notre étude, nous avons pris la décision de concevoir des modèles points en fonction de l'âge des assurés, ce choix nous a ainsi permis d'identifier 5 modèles points distincts et spécifiques.

A noter que la raison sous laquelle nous avons décidé de réaliser ces modèles points, réside dans le fait qu'ils permettent de simplifier les calculs en regroupant ensemble des contrats ayant des caractéristiques similaires, plutôt que de calculer individuellement pour chaque contrat. Cela peut rendre le processus de modélisation plus efficace, et ils peuvent être aussi utiles pour analyser différents scénarios. Par exemple, on pourrait comparer les

résultats de différents groupes d'âge ou de types de versements.

Il convient de souligner que la période de projection retenue pour notre étude s'étend sur une durée de 30 ans. Par conséquent, nous allons exposer les différentes hypothèses formulées dans notre modèle.

Hypothèses de Portfeuille :

Versements effectués

Comme déjà évoqué, nous avons établi cinq modèles points (MP). À partir de nos bases de données, nous avons extrait la prime moyenne pour chaque MP en calculant le rapport entre la somme des primes de chaque catégorie et la somme des polices existantes dans cette catégorie.

Line	AGE	Policy Year	Start Premium	Periodic premium	Exceptional premium	Policies
1		1	1 097 492	548 746	548 746	17
2		1	828 234	414 117	414 117	32
3		1	2 377 282	1 188 641	1 188 641	61
4		1	2 005 263	1 002 632	1 002 632	75
5		1	5 772 247	2 886 124	2 886 124	37

TABLE 4.1 – Prime moyenne pour chaque MP

Hypothèses techniques :

Ci-dessous les différentes hypothèses techniques que nous avons dans notre projection, nous allons les spécifier après :

- Les paramètres techniques : les frais d'acquisition, de gestion, le taux de PB
- Les hypothèses sur la garantie plancher
- Les supports OPCVM et les profils (Prudence, Equilibre et Dynamique)
- Les hypothèses sur la mortalité (la table de mortalité et l'abattement)
- Les hypothèses sur la marge de solvabilité règlementaire et l'IS
- Deux tables de rachat et les pénalités qui dépendent de l'ancienneté du contrat.

Nous allons essayer de les présenter comme suit :

Taux de commissions :

Les commissions désignent les paiements consentis par la compagnie d'assurance aux canaux de distribution responsables de la vente et de la gestion des contrats d'assurance.

Elles sont généralement calculées en pourcentage des primes d'assurance. Dans le cadre de notre projection, les commissions représentent les frais d'acquisition déduits des versements effectués par l'assuré. Concernant ce produit spécifique, les affaires sont générées par la Banque avec laquelle nous avons le produit avec, c'est donc à cette dernière que la commission est versée.

Frais généraux :

Les frais généraux se subdiviseront en trois catégories distinctes, à savoir les frais d'acquisition, les frais de gestion des provisions et le coût de la garantie plancher. Habituellement, ces frais sont considérés comme des coûts unitaires par contrat, qui sont ensuite multipliés par le nombre de contrats concernés.

Taux de chargement :

Le taux de chargement peut être subdivisé en deux types : les charges de primes et les charges de gestion. Les charges de primes sont calculées comme un prélèvement sur chaque prime versée par le souscripteur afin de couvrir les coûts de l'assureur, comprenant les frais d'acquisition et les commissions. Les taux de chargement sur gestion représentent un pourcentage prélevé chaque année sur l'encours géré, c'est-à-dire le montant total investi, visant à couvrir les frais de gestion de l'assureur. Il est important de noter que ces taux peuvent différer pour les deux types de fonds, à savoir les fonds en dirhams et les unités de compte.

Dans notre situation, les taux de chargement sont établis en fonction des hypothèses de l'assureur concernant les coûts futurs. Ces hypothèses reposent sur l'expérience passée avec des produits similaires. Pour notre projection, nous supposons que ces taux de chargement restent constants tout au long de la période projetée, à moins qu'une étude de scénario spécifique ne nécessite des ajustements.

Hypothèses de mortalité :

Dans notre ensemble, nous disposons de six tables de mortalité distinctes :

- PM 60-64
- PF 60-64
- RF 45-49
- AF 45-49
- TD 88-90
- TV 88-90

L'utilisateur de l'outil a la flexibilité de projeter les décès en utilisant l'une de ces tables de mortalité, selon son choix. Dans le cadre de notre étude, nous avons spécifiquement opté pour la table TD 88-90.

Hypothèses réglementaires**Marge de solvabilité :**

On a déjà établie dans le premier chapitre la notion de marge de solvabilité , on rappelle que :

$$MS = Ms_{DH} + MSUC + 0.3\% * \text{capitaux décès sous risque}$$

Taux d'imposition sur les sociétés :

le taux d'imposition sur les sociétés est un pourcentage appliqué sur les bénéfices réalisés par une entreprise. Nous utiliserons alors le taux réglementaire d'imposition sur les sociétés qui est de 31%.

Réassurance :

Elle est associée à la part de la prime versée par l'assuré qui est cédée au réassureur. Cette situation concerne les deux garanties incluses dans notre produit, à savoir la garantie plancher et la garantie décès accidentel.

Hypothèse financières :

Taux d'actualisation :

La valorisation des flux de trésorerie futurs probables s'effectue en se référant à une courbe de taux sans risque, que nous avons préalablement établie dans le chapitre précédent.

Cette courbe de taux sans risque représente les rendements attendus des investissements considérés comme exempts de tout risque de défaut. En utilisant cette courbe de taux comme référence, nous appliquons l'actualisation pour ramener les flux de trésorerie futurs à leur valeur actuelle, reflétant ainsi la valeur temporelle de l'argent et permettant une évaluation précise des investissements.

Le taux d'inflation :

Nous avons supposé le taux d'inflation constant pour toute la durée de projection.

Ainsi La figure ci-dessous récapitule plus ou moins l'ensemble des hypothèses nécessaires pour démarrer le déroulement de notre projection.

Paramètres Techniques	<ul style="list-style-type: none"> Frais Gestion Fonds DH Frais Gestion Fonds UC Frais Acquisition: Versement Périodique < 3MDH Frais Acquisition: 3MDH< Versement Périodique < Frais Acquisition: Versement Périodique > 8MDH Frais Acquisition Versement Exceptionnel Taux de Rétrocession sur frais de gestion Taux de PB
Garantie Décès Accidentel	<ul style="list-style-type: none"> Taux de prime Décès Accidentel Capital assuré Taux de pénétration DA Taux d'abattement DA
Garantie Plancher	<ul style="list-style-type: none"> Age Limite de Souscription Age Limite de la Garantie Plafond de la Garantie Taux de Pénétration Taux de revalorisation GAP Taux Assurance décès Versement Périodique
Supports	<ul style="list-style-type: none"> Profil Part Dhs Part OPCVM Actions Part OPCVM Obligataire 1 Part OPCVM Obligataire 2 Part OPCVM Diversifié
Horizon de Projection	<ul style="list-style-type: none"> Année Début Année Fin
Hypothèses de Mortalité	<ul style="list-style-type: none"> Table de Mortalité Taux d'Abattement
Charges	<ul style="list-style-type: none"> Coeff de stress Expenses Commissions sur Primes

FIGURE 4.2 – Hypothèses générales pour la projection

4.2.2 Moteur de calcul :

Scénario central

Dans un premier temps, nous adoptons un scénario que nous considérons comme étant plus proche de la réalité, que nous appelons le scénario central. Les hypothèses de ce scénario ont été empruntées à d'autres produits de capitalisation déjà présents sur le marché. Nous procéderons à une évaluation initiale de notre portefeuille en utilisant ce scénario, puis nous le soumettrons à des stress tests dans le chapitre suivant.

Concept de run off :

Il est essentiel de préciser que toutes les projections et la valorisation de notre portefeuille seront réalisées dans le cadre d'une situation en "run-off", ce qui signifie qu'il n'y aura pas de souscription de nouveaux contrats. Dans cette configuration, nous nous concentrons uniquement sur la gestion des contrats existants, en prenant en compte les flux de trésorerie, les prestations, les réserves et autres éléments liés à la gestion du portefeuille existant.

Loi de rachat :

Dans notre travail, nous n'avons pas appliqué une modélisation spécifique pour la loi de rachat. Au lieu de cela, nous avons employé deux lois de rachat différentes qui sont données par l'organisme et qui sont basées sur des produits similaires dont le portefeuille a été sélectionné pour l'étude.

Loi de sortie :

La loi de sortie est exprimée comme suit :

$$1 - \tau_k \text{sortie} = (1 - q) * (1 - \tau_k \text{rachat}) * (1 - \tau_k \text{maturité})$$

Elle représente la probabilité de sortie d'un contrat, qui peut être due à des facteurs comme le décès, le rachat ou l'atteinte de la maturité du contrat.

Les primes :

Dans notre modèle nous appliquons aux versements périodiques et aux versements exceptionnels la loi de reversement. D'une année à une autre, on suppose que l'assuré n'effectuera pas le même versement périodique ; mais il fera un versement inférieur à celui convenu d'avance. C'est ce que nous appelons la loi de reversement. Donc on fait la projection selon cette loi en tenant compte des frais d'acquisition.

Nombre de contrats :

Le nombre de contrats est prévu pour toute la durée de la projection, en tenant compte de la loi de sortie (décès, rachats partiels, maturité). Ainsi, pour chaque portefeuille, nous avons tous les contrats terminés par décès, par rachats, par maturité, les contrats existants en début et en fin d'année.

Projection des OPCVM VL :

Les valeurs liquidatives (VL) des OPCVM ont été projetées sur une période de 30 ans, conformément à notre accord initial, en utilisant le modèle de Black-Scholes avec une discrétisation d'Euler ainsi que le modèle de Black-Scholes-Merton.

Tous les OPCVM de notre portefeuille, qu'il s'agisse d'actions, d'obligations ou de diversifiés, ont été considérés comme des actifs risqués. Les différences se trouvent principalement au niveau des volatilités et des rendements de ces actifs.

Pour estimer les paramètres de ces OPCVM, nous avons utilisé différentes approches. Dans le chapitre précédent, nous avons estimé les paramètres des OPCVM actions en utilisant les rendements de l'indice boursier MASI. Pour les OPCVM obligataires, nous avons choisi un portefeuille spécifique. En ce qui concerne les OPCVM diversifiés, nous avons opté pour un portefeuille monétaire. Nous avons observé les rendements sur des périodes similaires à celles des OPCVM actions.

Pour simplifier la projection, nous avons supposé que la VL d'un OPCVM à la clôture N-1 est égale à la VL à l'ouverture N.

$$VL_{\text{fin d'année N-1}} = VL_{\text{début d'année N}}$$

Nombres d'UC :

Pour chaque année, nous estimons le nombre d'unités de compte (UC) au début de l'année, après les versements de l'année en cours et à la fin de l'année, en prenant en compte les frais de gestion. Nous prévoyons également le nombre d'UC pour les cas de décès, les rachats, les maturités et ceux prélevés comme coût de la garantie plancher.

Réserves :

Il s'agit d'un contrat multisupport , voici les deux reserves qu'on a :

Resrerve dihrahs :

Provision Mathématique de Clôture (N) = Provision Mathématique d'ouverture (N) * (1 - Frais de Gestion) + Versements (N) - Sorties (N) + Participation aux Bénéfices (N). Reserves en UC.

Pour la réserve en unités de compte (UC), elle est simplement calculée en multipliant le nombre d'UC par leur valeur liquidative . Autrement dit,

$$\text{Montant d'UC (k)} = \text{VL(k)} * \text{Nombre d'UC (k)}.$$

Garantie Plancher :

Ici, nous projetons les capitaux sous risque à chaque clôture, le capital supplémentaire garanti, les provisions de la garantie plancher .

Participation aux bénéfices

la participation aux bénéfices est calculée en appliquant le taux forward à la moyenne des provisions techniques à l'ouverture et à la clôture. Ce montant ainsi obtenu est ensuite multiplié par le taux de participation aux bénéfices afin de déterminer la part qui sera restituée à l'assuré.

$$\begin{aligned} PB_t &= \text{taux PB} * \text{Prod}_{FinN} * \text{Taux forward } t \\ &= \text{taux PB} * \sqrt{PT_{ouv} + PT_{cloture}} * \text{Taux forward } t \end{aligned}$$

Réassurance

Dans le cas de la garantie plancher, qui est la plus importante, le rôle du réassureur consiste à intervenir en cas de décès de l'assuré si le capital supplémentaire se situe dans une plage spécifiée, délimitée par une valeur minimale (la priorité) et une valeur maximale (la portée).

Cela signifie que le réassureur ne prend en charge le risque que dans des circonstances particulières et définies. La charge du réassureur se calcule alors par la formule suivante :

Charges réassureur N = nombre de contrat pour chaque modèle point * max(0 ; min(Capital supplémentaire ; Portée) - Priorité

A noter que le capital supplémentaire représente entre la différence entre le capital garanti et le montant épargné.

4.2.3 Output du modèle :

Finalement les indicateurs que nous avons trouvé somme présentés comme suit :
PVFP : Après projection de tous les flux et application de la formule déjà établie de la PVFP, on a pu trouver la valeur de PVFP

PVFP less strain	
Year	
	Primes
	Frais d'acquisition
	Sorties
	Pénalités sur rachats
	Variation de la réserve DHS
	Variation de la réserve UC
	IC
	Marge technique brute
	Coût de la garantie plancher
	Produits financiers sur le coût de la GP
	Provisions pour la garantie plancher
	Capital supplémentaire décès
	Résultat sur garantie plancher
	Coût de la Garantie Accidentel
	Produits financiers sur le coût de la GA
	Capital supplémentaire DA
	Résultat sur garantie accidentel
	Commission
	Coût d'acquisition
	Acquisition result
	Frais de gestion
	Commissions sur gestion
	Coût de gestion
	Marge de gestion

FIGURE 4.3 – Indicateurs du modèle

CoC : le cout de capital pour notre cas est trouvé comme :

COC	
	Year
	AA SM (BOY)
	AA SM (EOY)
	Return on AA SM
	TAX AA SM
	Net AA SM cost
	Deflator

FIGURE 4.4 – CoC du modèle

En utilisant la méthode de Monte Carlo précédemment expliquée, la NBV est calculée pour chaque simulation. L'objectif est d'atteindre une convergence entre la moyenne des NBV et la NBV dans un scénario déterministe. La rentabilité du projet est évaluée en se basant sur la NBV Profit, qui doit dépasser un seuil spécifique dans le scénario central pour être considérée comme rentable par l'actionnaire. Les résultats sont présentés de la manière suivante :

NBV	NBV / APE
	38,65%

FIGURE 4.5 – Rentabilité du projet basée sur la NBV

4.3 Stress des résultats

L'évaluation des indicateurs de rentabilité dans une perspective prospective implique de formuler des hypothèses concernant les variables du modèle. Afin de prendre en compte l'ensemble des scénarios possibles, il est essentiel d'effectuer des tests de sensibilité sur les paramètres et hypothèses du modèle.

Ce processus, appelé "stress testing", consiste à faire varier les paramètres du modèle de calcul de rentabilité. Il permet à l'actuaire de déterminer non seulement dans quelle mesure le contrat est rentable, mais aussi quels sont les paramètres les plus déterminants pour la rentabilité. En d'autres termes, il ne suffit pas de savoir qu'un taux de rentabilité est de 70% si un changement plausible des hypothèses réduit ce taux à 0%. Ainsi, le test de sensibilité vise à utiliser différents scénarios d'hypothèses pour les variables les plus importantes. Pour étudier l'impact des taux de mortalité, des taux de résiliation et des frais de l'assureur, nous avons réalisé des chocs à la hausse et à la baisse sur l'ensemble de ces paramètres. Ces chocs sont effectués séparément afin d'éviter les effets croisés.

Risque de mortalité :

Le risque de mortalité correspond au risque que la mortalité effectivement constatée s'écarte de la mortalité prédite par les tables de mortalité utilisées par la société d'assurance. Nous appliquons un choc à la hausse de 15 % sur l'ensemble des taux de décès retenus dans le modèle central. Nous rappelons que les taux de décès retenus dans le scénario central sont les taux de la table TD-8890 abattus :

Mortalité	variation/ scénario central
PVFP	-2%
NBV/APE	-2%

FIGURE 4.6 – Choc du risque de mortalité

Lorsqu'il y a une hausse de la mortalité, les engagements de l'assureur augmentent en raison de la garantie Plancher, ce qui entraîne une diminution de la rentabilité.

Risque de longévité :

Contrairement à ce qui a été précédemment exposé, nous introduisons maintenant un scénario de choc avec une augmentation de 20% de la longévité pour évaluer son impact sur la rentabilité du produit.

Longévité	variation/ scénario central
PVFP	6%
NBV/APE	4%

FIGURE 4.7 – Choc basé sur le risque de longévité

Les charges des sinistres dans ce cas diminuent ainsi la NBV s'accroît.

Hausse de taux :

Nous avons effectué une simulation en augmentant les taux de 10% afin d'évaluer son impact :

Up in rates	variation/ scénario central
PVFP	8%
NBV/APE	5%

FIGURE 4.8 – Choc basé sur la hausse de taux

L'augmentation des taux d'intérêt a pour effet d'accroître les revenus d'investissement, ce qui se traduit par une augmentation de la NBV.

Baisse de taux :

Dans ce cas le choc était à la baisse de 10%

down in rates	variation/ scénario central
PVFP	-4%
NBV/APE	-3%

FIGURE 4.9 – Choc basé sur la baisse de taux

Les investissements de l'assureur et les produits financiers diminuent, ce qui va impacter évidemment négativement la NBV.

Hausse de nombre de rachat :

Nous avons réalisé une simulation en augmentant les taux de rachats de 10% par rapport aux prévisions.

Hausse Nombre de Rachat	variation/ scénario central
PVFP	-15%
NBV/APE	-10%

FIGURE 4.10 – Choc basé sur la hausse du nombre de rachat

Une hausse des rachats signifie que les clients résilient leurs contrats plus tôt que prévu, ce qui entrainera une diminution des rentrées de prime et donc une baisse de la NBV.

Baisse de nombre de rachat :

Avec un choc de 10% de baisse de rachat

Diminution nombre de rachat	variation/ scénario central
PVFP	27%
NBV/APE	19%

FIGURE 4.11 – Choc basé sur la baisse du nombre de rachat

Les clients assurés dans ce cas conservent leurs contrats plus longtemps que prévu, ce qui mène à une augmentation des rentrées de prime et donc une augmentation de la NBV.

Risque dépenses (Expense Risk) :

Le risque lié aux dépenses vise à prendre en considération la possibilité de perte due à une augmentation des frais supportés par l'assureur.

Dans le cadre de notre étude, nous appliquons un choc aux frais de gestion et aux frais d'acquisition. Ce choc consiste en une augmentation de 20% suivie d'une diminution de 20%, Voici les résultats obtenus : Pour le fonds en valeurs :

	Variation	
frais de gestion DHS	15%	-15%
PVFP less strain	-5,40%	5,48%
NBV / APE	-4,66%	4,37%

FIGURE 4.12 – Résultats du choc pour les fonds en valeur

Pour le fond en Unités de compte :

	Variation	
frais de gestion UC	20%	-20%
PVFP less strain	-13,74%	13,09%
NBV / APE	-9,28%	9,09%

FIGURE 4.13 – Résultats du choc pour le fond en Unité de compte

Pour les frais d'acquisition :

	Variation	
Frais d'acquisition	20%	-20%
PVFP less strain	-0,358%	-0,128%
NBV / APE	-0,349%	0,105%

FIGURE 4.14 – Résultats du choc pour les frais d'acquisition

Nous constatons une augmentation de la rentabilité suite à une baisse des frais de gestion et d'acquisition. En revanche, la rentabilité diminue après une hausse des frais.

Taux de pénétration à la garantie plancher :

Le choc appliqué au taux de pénétration de la garantie a pour objectif de fournir une perspective sur l'impact de la variation du taux estimé des assurés souhaitant souscrire le contrat.

	Variation	
taux de pénétration	20%	-20%
PVFP less strain	7%	-6%
NBV / APE	6%	-5%

FIGURE 4.15 – Résultats du choc appliqué au taux de pénétration

Une augmentation du taux de pénétration signifie que davantage de clients souscrivent à la garantie plancher, ce qui engendre une augmentation des rentrées de prime et donc une augmentation de la NBV.

À la lumière des divers chocs que nous avons appliqués et des analyses réalisées, il est possible de conclure que parmi tous les facteurs étudiés, le risque de rachat se révèle être celui ayant l'impact le plus significatif sur les résultats.

Les variations observées dans les taux de rachat ont démontré une influence significative sur la Valeur de la NBV et ont souligné l'importance de surveiller attentivement ce risque dans le contexte de notre étude. Les résultats obtenus ont mis en évidence la nécessité d'élaborer des stratégies visant à atténuer ce risque, telles que des mesures incitatives pour encourager la rétention des contrats et des ajustements des politiques de tarification.

Ces conclusions mettent en évidence l'importance de prendre en compte le risque de rachat dans la gestion des produits d'assurance, afin d'optimiser la rentabilité et la stabilité financière de l'entreprise.

Conclusion

Ce mémoire a permis d'aborder en profondeur l'étude de rentabilité des contrats d'assurance en unités de compte. Les diverses dimensions de la conception de tels contrats ont été minutieusement explorées, englobant les volets financiers, la mortalité, les engagements réglementaires et la détermination des primes futures. De plus, il a enrichi notre compréhension et notre expertise en matière de finance de marché et d'assurance-vie.

Les contrats en unités de compte se sont révélés être d'importants catalyseurs d'innovation, ouvrant des perspectives alléchantes tant pour l'assureur que pour l'assuré. Toutefois, la nature même de ces produits soulève des questions complexes en termes de risques financiers, notamment en ce qui concerne la garantie décès.

Le modèle de rentabilité développé a offert des informations précieuses sur la performance future probable de ces produits d'assurance. Les stress-tests ont permis de mieux comprendre le comportement du portefeuille d'assurance face à diverses fluctuations du marché.

Ces produits en unités de compte sont prometteurs, et semblent avoir un avenir radieux dans le secteur de l'assurance, notamment sur le marché marocain. Cependant, pour assurer leur succès à long terme, il est crucial de mettre en place des stratégies robustes de gestion des risques, et d'adapter continuellement les outils de tarification et de gestion des risques en fonction des évolutions du marché.

En conclusion, bien que ce mémoire ait permis d'approfondir notre compréhension de la rentabilité des contrats en unités de compte, il est essentiel de poursuivre les recherches dans ce domaine. Une interrogation fondamentale demeure alors, à savoir dans quelle mesure les technologies naissantes, notamment l'intelligence artificielle et la blockchain, pourraient-elles être exploitées afin d'améliorer encore davantage la gestion des risques dans le domaine de l'assurance en général, et plus spécifiquement pour les contrats en unités de compte.

Bibliographie

- [1] Crenn Maïlys , Description de la garantie plancher et méthodes de calcul du provisionnement de la garantie plancher en cas de vie, EURIA, 2010
- [2] Arthur Charpentier, Méthodes numériques en finance, ENSAE ENSAI, 2006/2007
- [3] Frédéric PLANCHET, Les garanties « plancher » sur les contrats en unités de compte (GMDB), ISFA, Support de cours 2022-2023
- [4] Rémy SAUZET, Mesure des risques liés aux actifs dans le cadre de la gestion actif-passif d'une compagnie Prévoyance , ISFA , 2011
- [5] Audrey ADJE, Rentabilité sous Solvabilité II d'une garantie de capital en cas de vie sur un produit épargne multisupports, ENSAE, 2019
- [6] Kamal Armel et Frédéric Planchet, Construire un générateur de scénarios économiques risque neutre, Université Laval, 2018
- [7] MODELISATION Nadia GOTENI, MODELISATION ET ETUDE DE RENTABILITE DU CONTRAT DIVERSIFIE , Strasbourg, 2009
- [8] LA LETTRE ACTUARIAT ET FINANCE , 1ER SEMESTRE 2010
- Rentabilité d'un produit d'Assurance Vie Projection du SCR Mise en évidence de leviers de profitabilité , Antoine Chartier, 2017
- [9] Un modèle statistique de détection des sauts dans un processus de cours boursiers, Ella BONI , Boris GENOT , Audrey MOMEIN, 2005
- [10] CFO Forum Market Consistent Embedded Value Principles June 2008
- [11] Audrey ADJE , Rentabilité sous Solvabilité II d'une garantie de capital en cas de vie sur un produit épargne multisupports, ENSAE , 2019

[12] Marie MOUKHAIBER , Gestion Actif-Passif pour un portefeuille de produits d'épargne : Application par immunisation et par allocation d'actifs, ISFA, 2013

[13] Furui Tang, Merton Jump-Diffusion Modeling of Stock Price Data , Linnaeus University, 2018

[14] ssaka DOULLAYE OUSSEINI , Étude sous Solvabilité 2 d'un contrat d'assurance-vie en unités de compte avec garantie plancher en cas de décès et en cas de vie, Institut des actuaires, 2016

Webographie

[1] <http://www.bkam.ma/Publications-statistiques-et-recherche/Documents-dinformation-et-de-statistiques/Statistiques-monetaires/Statistiques-monetaires-2018>

[2]<http://www.acaps.ma/wp-content/uploads/2018/05/Situation-liminaire-au31122017.pdf>

[3] <https://www.fmsar.org.ma/wp-content/uploads/2018/05/Situation-liminaire2017VF.pdf>

[4]Ressources Actuariales <https://Ressources-actuariales.net>

Réglementation

Annexe A.1

Article 98 : (modifié par l'article 136 de la loi n° 64-12 du 06 mars 2014) (modifié par la loi n°59-13 du 25 août 2016). [Les contrats d'assurance sur la vie peuvent être des contrats à capital variable. Dans ce cas, le capital ou la rente garanti est exprimé, totalement ou partiellement, en unités de compte dites valeurs de référence. Ces unités de compte sont constituées de valeurs mobilières ou de titres figurant sur une liste fixée par circulaire de l'Autorité et prenant en considération la sécurité et la rentabilité de ces valeurs ou titres. . .].

Annexe A.2

Article 100 : (modifié par la loi n°59-13 du 25 août 2016). Les assureurs doivent faire participer leurs assurés, dans le cadre des contrats d'assurances sur la vie, aux bénéfices techniques et financiers qu'ils réalisent au titre de ces contrats. Toutefois, les dispositions du présent article ne s'appliquent ni aux contrats ne comportant pas de valeur de réduction, ni aux contrats d'assurance Takaful ni aux contrats exprimés totalement en unités de compte lorsqu'ils ne comportent pas un élément viager.

Annexe A.3

Article 21 : Pour les opérations d'assurance en unités de compte, la meilleure estimation des engagements visée à l'article 13 ci-dessus est calculée garantie par garantie et tête par tête. Elle correspond à la différence entre : - La somme de la valeur de rachat des unités de compte et de la valeur des garanties s'y rattachant et ; - La somme des prélèvements pour chargement de gestion futurs probabilisée et actualisée sur la base de la courbe des taux fixée par l'Autorité. Les prélèvements pour chargement de gestion futurs correspondent au produit des provisions mathématiques par le taux de chargement de gestion contractuel. Lesdites provisions mathématiques sont évaluées en fonction du montant des provisions mathématiques à la date d'inventaire en tenant compte, le cas échéant, des bases techniques suivantes : - La table de mortalité : La

Table de mortalité TV 88-90 pour les assurances en cas de vie ou la table de mortalité TD 88-90 pour les assurances en cas de décès prévues à l'annexe N°3 de la présente circulaire, auxquelles l'entreprise d'assurances et de réassurance peut substituer une table de mortalité d'expérience, matérialisant la mortalité propre à la population de ses assurés et ce, après accord de l'Autorité; - La table de rachat en montant, déterminée conformément à l'article 17 ci-dessus; - La table de résiliation, déterminée conformément à l'article 18 ci-dessus; - La courbe des taux fixée par l'Autorité. Les prélèvements pour chargement de gestion futurs sont estimés en considérant un horizon de projection suffisant pour la couverture la durée de vie des engagements à la date d'inventaire.+ Avances *... Toutefois, pour les contrats à capital variable, le montant des avances sur chaque contrat ne peut excéder 60% de sa provision mathématique....

Annexe A.4

*Néanmoins, pour les contrats à capital variable, le pourcentage à appliquer aux provisions mentionnées aux 1°) et 2°) de l'article 21 précité brutes de cessions en réassurance est de 1% lorsque l'entreprise n'assume pas de risque de placement et de 4% lorsqu'elle en assume. Lorsque l'entreprise assume le risque de mortalité, il est ajouté au montant minimum sus indiqué 0,3% des capitaux sous risque multiplié par le rapport existant, pour le dernier exercice, entre le montant des capitaux sous risque net de réassurance et le montant des capitaux sous risque brut de réassurance, sans que ce rapport puisse être inférieur à 50%....]

Annexe A.5

[Article 57 - Exonérations Sont exonérés de l'impôt : - les prestations servies au terme d'un contrat d'assurance sur la vie, d'un contrat de capitalisation ou d'un contrat d'investissement Takaful, dont la durée est au moins égale à huit (8)ans.

Tests appliqués

Processus de poisson composé

Soit N_t un processus de Poisson d'intensité λ , et $(U_i)_{i \geq 1}$ une famille de variables aléatoires indépendantes et identiquement distribuées (i.i.d) et également indépendantes de N_t . On définit le processus de Poisson composé L_t tel que pour tout $t \geq 0$,

$$L_t = \sum_{i=1}^{N_t} U_i$$

La variable U_i représente l'amplitude des sauts.

Test de Shapiro-Wilk

Le test de Shapiro-Wilk est un test qui permet de savoir si une série de données (x_1, \dots, x_n) suit une loi normale. En comparaison aux autres tests, il est particulièrement puissant pour les petits effectifs ($n \leq 50$) Ce test est basé sur la statistique W suivante :

$$W = \frac{\left[\sum_{i=1}^{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} a_i (x_{(n-i+1)} - x_{(i)}) \right]^2}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

Tels que :

- $x_{(i)}$: correspond à la série des données triées ;
- $\lfloor \frac{n}{2} \rfloor$ est la partie entière du rapport $n/2$;

a_i sont des constantes générées à partir de la moyenne et de la matrice de variance covariance des quantiles d'un échantillon de taille n suivant la loi normale. Sachant que l'hypothèse nulle est que la population est normalement distribuée :

- si la p-value est inférieure à un niveau alpha choisi, alors l'hypothèse nulle est rejetée.
- si la p-value est supérieure au niveau alpha choisi alors on ne doit pas rejeter l'hypothèse nulle.

Test de Jarque-Bera

Le test de normalité de Jarque-Bera est un test de normalité fondé sur les coefficients d'asymétrie et d'aplatissement. Le test est défini comme suit :

H_0 : La série de données suit une loi normale

H_1 : La série de données ne suit pas une loi normale

Plus formellement, le test de Jarque-Bera teste si le kurtosis et le coefficient d'asymétrie des données sont les mêmes que ceux d'une loi normale de même espérance et variance. Ainsi, le test s'écrit :

$$H_0 : S=0 \text{ et } K=3$$

$$H_1 : S \neq 0 \text{ et } K \neq 3$$

Et la statistique du test d'écrit :

$$JB = \frac{n-K}{6} \left(S^2 + \frac{(K-3)^2}{4} \right)$$

Avec :

- n le nombre d'observations
- k le nombre de variables explicatives.
- S le coefficient d'asymétrie de l'échantillon testé.
- K le kurtosis de l'échantillon testé. La statistique JB suit asymptotiquement une loi du χ_2 à deux degrés de liberté.